

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

Smart Energy

Análisis de la aplicación de las TIC para el desarrollo y despliegue del concepto de “Smart Energy”. Plan estratégico 2020 y Hoja de Ruta

Autor: Andrea Santos Quintana

Tutor: Antonio Castillo Holgado

24/06/2013



Contenido

Lista de Abreviaturas	2
Lista de Figuras	3
Lista de Tablas	5
0. Motivación	6
1. Introducción	10
2. Fundamentos del Internet de las cosas (Internet of the Things)	13
2.1. Objetivos generales del IoT (Internet of Things)	13
2.2. Tecnologías básicas que dan soporte al IoT	14
3. Fundamentos de las tecnologías M2M y PLC	16
3.1. Tecnologías	17
3.2. Aplicaciones	21
3.3. Principales actores: suministradores de tecnologías y creadores de aplicaciones	23
4. El sector energético y la distribución	26
4.1. Principales retos	27
4.2. Objetivos estratégicos del sector de la distribución de Energía	37
4.3. Algunos ejemplos	40
5. Aplicación del Internet de las cosas (M2M) al sector de la distribución energética	42
5.1. Entornos de evolución	42
5.2. Mejores prácticas para el Sector Energético en 2020	47
6. Evolución del Sector de la distribución eléctrica en España y su transformación mediante los conceptos de Smart Energy	48
6.1. Plan estratégico para el sector a 2020	52
6.2. Tecnologías y su implantación	56
6.3. Hoja de ruta	60
Conclusión	61
Presupuesto	62
Diagrama de Gantt	63
Referencias	64



Lista de Abreviaturas

AMR	Automatic Meter Reading
AMI	Automatic Meter Infrastructure
AMM	Automatic Meter Management
BPL	Broadband over Power Lines
CSP	Cloud Service Provider
DEHEMS	Digital Environment Home Energy Management System
DLMS	Device Language Message Specification
FDMA	Frequency Division Multiple Access
IoT	Internet of Things
IPv6	Internet Protocol version 6
LonWorks	Local Operation NetWork
LTE	Long Term Evolution
M2M	Machine to Machine
MAC	Media Access Control
MMS	Multimedia Messaging System
NFC	Near Field Communications
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OTA	Over The Air
PDU	Protocol Data Unit
PLC	Power Line Communications
PRIME	PowerLine Intelligent Metering Evolution
RFID	Radio Frequency Identification
SFSK	Spread Frequency Shift Keying
SIM	Subscriber Identity Module
SMS	Short Message Service
TDMA	Time Division Multiple Access
TIC	Tecnologías de Información y las Comunicaciones

Lista de Figuras

Figura 1. Emisiones de carbono en 1992	6
Figura 2. Emisiones de CO ₂ en España	7
Figura 3. Previsión cambio climático en 2070	8
Figura 4. STOP CO ₂	9
Figura 5. Combustibles fósiles vs Electricidad	10
Figura 6. Red del futuro	10
Figura 7. Energía limpia	11
Figura 8. Medir, comunicar e integrar para cambiar el consumo	12
Figura 9. Smart Energy	12
Figura 10. Conexión de dispositivos	13
Figura 11. Smart Home (Hogar inteligente)	14
Figura 12. Control de una biblioteca con RFID	15
Figura 13. M2M	17
Figura 14. Comunicaciones M2M	20
Figura 15. Red PLC	20
Figura 16. Ventajas red inteligente	22
Figura 17. Adaptador PLC	25
Figura 18. Alumbrado inteligente	25
Figura 19. Red eléctrica tradicional	26
Figura 20. Evolución de la infraestructura y la potencia de la red eléctrica	27
Figura 21. Sistema de cogeneración vs planta eléctrica convencional	29
Figura 22. Energías renovables en España	30
Figura 23. Parque solar	31
Figura 24. Cargador solar	31
Figura 25. Membrana fotovoltaica	31
Figura 26. Tejas solares	32
Figura 27. Cristal energético	32
Figura 28. Árbol solar (Milán)	33
Figura 29. Superficie solar estación Blackfriars (Londres)	33



Smart Energy

Figura 30. Carretera solar.....	33
Figura 31. Velocidad del viento en España	33
Figura 32. Parque eólico	34
Figura 33. Turbinas en postes de una carretera	34
Figura 34. Turbinas en postes de una calle (Valladolid).....	34
Figura 35. Consumo eléctrico en un día laboral.....	35
Figura 36. Beneficios del vehículo eléctrico.....	36
Figura 37. OPOWER	38
Figura 38. OPower comparación de consumo de usuarios	39
Figura 39. Wenergy	40
Figura 40. Solar Decathlon.....	40
Figura 41. Fundación Metrópoli.....	41
Figura 42. Smart Grid	43
Figura 43. Smart City.....	44
Figura 44. Smart Cities de España	44
Figura 45. Smart Home (Hogar Inteligente)	45
Figura 46. Estructura AMR	46
Figura 47. Medidores Inteligentes	47
Figura 48. Contribución de cada energía renovable a la red eléctrica española.....	49
Figura 49. Evolución de las emisiones de CO2 evitadas por energías renovables	50
Figura 50. Puntos de recarga en España	51
Figura 51. Cuadro de mando del usuario final.....	52
Figura 52. Uso de energías propuesto para 2020	54
Figura 53. Crecimiento conexiones M2M	55
Figura 54. Comparativa eficiencia energética en vehículos.....	59
Figura 55. Venta de vehículos start-stop y eléctricos híbridos estimada para 2020	59



Lista de Tablas

Tabla 1. Hoja de ruta 60

Tabla 2. Presupuesto 62

Tabla 3. Diagrama de Gantt..... 63

0. Motivación

El boom de la tecnología ha hecho evolucionar a la sociedad radicalmente en poco tiempo sin contar con los recursos necesarios para ello. Las telecomunicaciones han sido uno de los mercados que más ha crecido con diversas aplicaciones en dispositivos de todo tipo. Este sector tiene un alto potencial para hacer evolucionar a la sociedad, ya que la comunicación es una necesidad básica para las personas, y las nuevas aplicaciones que se ofrecen permiten hacer esto de distintas formas, desde escrito a hablado, en tiempo real o no.

El desarrollo de la sociedad tiene una necesidad creciente de recursos que se ha llevado de forma desordenada y sin conocimiento, lo que ha repercutido en el medio ambiente. Han surgido problemas como el efecto invernadero, el cambio climático o los agujeros de la capa de ozono. La preocupación por estos temas ha llevado al desarrollo de diversos planes para su control. El protocolo de Kyoto por ejemplo, fue un acuerdo de las Naciones Unidas que tenía por objetivo reducir el calentamiento global. Para ello se fijaron unos requisitos a cumplir por cada uno de los países miembros en el período entre los años 2008 y 2012, mejorando los niveles de emisiones con respecto al año 1990 (Figura 1).

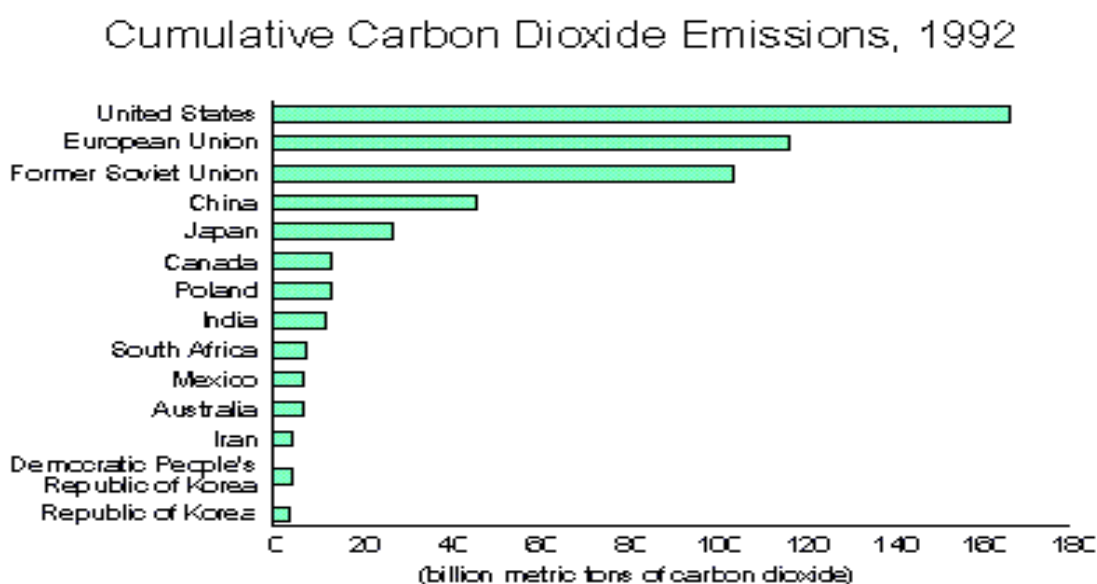


Figura 1. Emisiones de carbono en 1992

En este acuerdo, España tenía por fin limitar sus emisiones en un 15% más de los niveles que tenía en 1990. Sin embargo, en este periodo se desarrolló fuertemente la economía española, lo que conllevó a un aumento de transporte y consumo energético, resultando unos porcentajes superiores al

concertado (Figura 2). Este incremento fue el siguiente: 1996: 7%; 1997: 15%; 1998: 18%; 1999: 28%; 2000: 33%; 2001: 33%; 2002: 39%; 2003: 41%; 2004: 47%; 2005: 52%; 2006: 49%; 2007: 52%; 2008: 42,7%. [Ref 0.1]

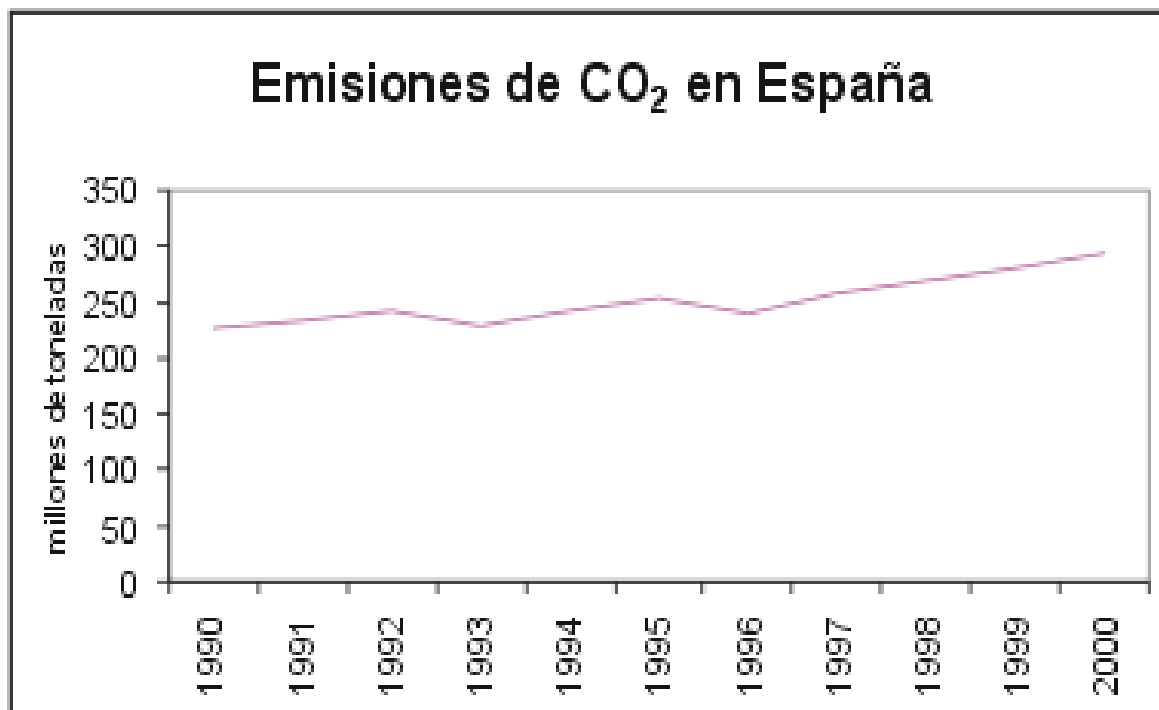


Figura 2. Emisiones de CO2 en España

Tras este acuerdo, continuó la preocupación por el medio ambiente y, por ello, decidieron prorrogar el protocolo de Kyoto acordando un nuevo periodo desde el 1 de enero de 2013 hasta el 31 de diciembre de 2020. En esta segunda fase se acordó el desarrollo de un programa de educación y entrenamiento sobre el cambio climático para concienciar a los ciudadanos e integrarlos activamente en el proceso.

De este modo, España necesita un nuevo plan para poder cumplir con sus objetivos reduciendo sus emisiones y haciendo participar a los habitantes. Tomar un papel activo en este proceso facilita la evolución de la mentalidad de la sociedad paralelamente al cambio. De este modo, al contar con el apoyo de todos, la eficacia de la estrategia será superior.

Los problemas medioambientales son el principal problema que lleva a una exigente búsqueda de fuentes de energía que no sean dañinas, reduciendo así las emisiones que provocan estos desastres. Además, el agotamiento de algunos recursos, como el petróleo, también fuerza esta búsqueda de nuevas fuentes de energía para poder continuar con el estilo de vida actual. La evolución de las energías renovables ha permitido el desarrollo de nuevas

Smart Energy

formas de explotación más sofisticadas y eficientes que, gracias al clima de nuestro país, pueden aportar mucha energía a la red.

Además, el continuo crecimiento de las tecnologías y su integración, cada vez más común en los hogares, reclama mucha energía. Esta necesidad requiere una generación mayor, sin embargo, al no existir una planificación de consumo, y ante la imposibilidad de guardar energía generada, las pérdidas son muy elevadas. Esto supone un desperdicio de recursos y la emisión de más gases nocivos para la atmósfera sin sentido.

Esta doble problemática de preocupación y desperdicio de fuentes para llegar a un desarrollo sostenible de la sociedad necesita ser solventada para mejorar la situación natural del planeta conviviendo con la evolución del ser humano, evitando problemas como el cambio climático (Figura 3). En este punto entran en juego las telecomunicaciones, que a pesar de haber formado parte del aumento del uso de la energía, tienen un papel esencial para enderezar esta situación de una forma eficaz.

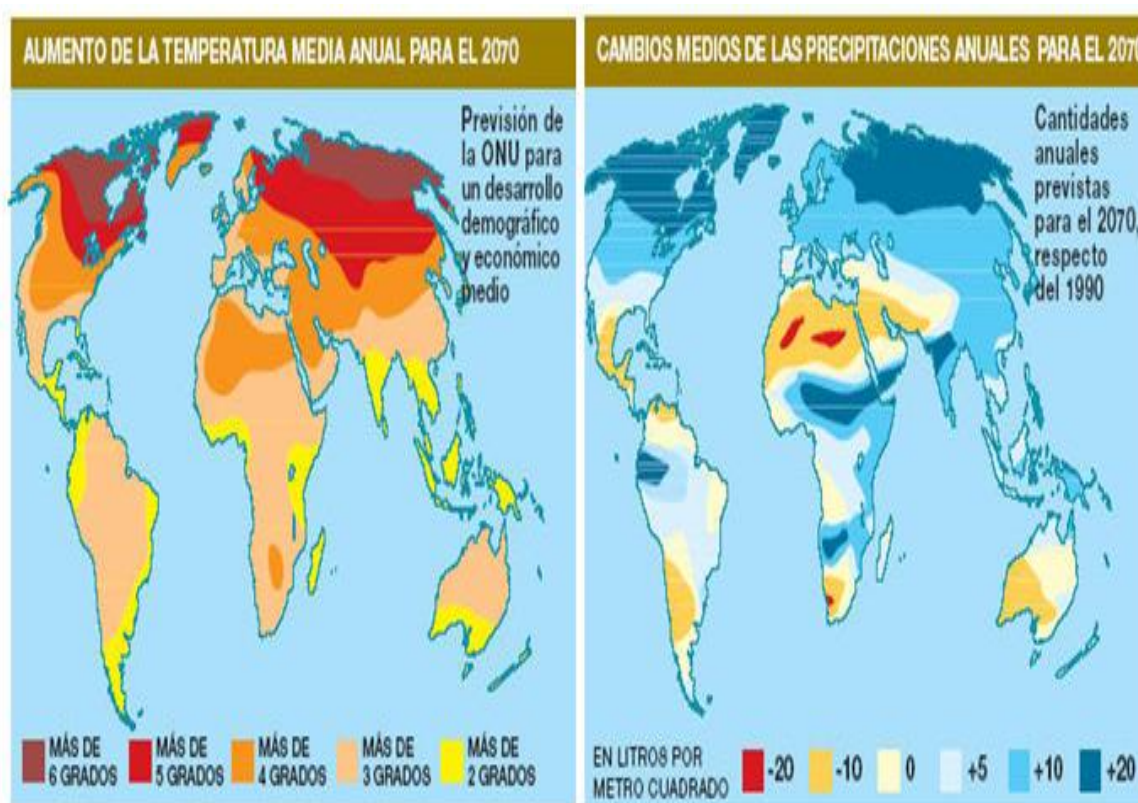


Figura 3. Previsión cambio climático en 2070

Algunas pautas a seguir para controlar las emisiones y contener así el cambio climático son las siguientes:

- ❖ Ahorro y eficiencia del consumo energético.

- ❖ Instalación y uso de energías renovables.
- ❖ Reducción de las necesidades de movilidad de transporte.
- ❖ Fomento del transporte público y vehículos no motorizados.
- ❖ Implantación de sistemas de gestión medioambiental.

En este punto, tras ver la situación de España y su necesidad de cambio, se llega a un estudio para evolucionar la red eléctrica española haciéndola más inteligente gracias a las telecomunicaciones. De este modo, se incluyen energías renovables, vehículos eléctricos, medidores inteligentes y otras tecnologías que permiten a los clientes formar parte activa en el uso y la distribución energética. En este trabajo indagaremos más en este tema con el objetivo de mejorar la situación española en vista a este nuevo periodo de vigencia para el cumplimiento del protocolo de Kyoto y alcanzar los objetivos 20-20-20 de la Unión Europea, es decir, reducir emisiones de CO₂, incrementar la participación de las energías renovables e incrementar la eficiencia de los consumos.



Figura 4. STOP CO₂

1. Introducción

Las TIC han revolucionado la forma de vida, tanto en el trabajo como en el hogar, desde el teléfono móvil hasta Internet. La innovación en productos y servicios ha hecho que la tecnología haya tomado un papel protagonista en el día a día de la sociedad, aparatos como el teléfono móvil, el coche o los electrodomésticos son prácticamente indispensables. Hasta hace unos años se hacía un uso ilimitado y descuidado de los recursos sin tener en cuenta las consecuencias que esto acarrearaba, como la contaminación o el derroche energético pero, poco a poco, los ciudadanos van tomando conciencia del mal que esto le está haciendo al planeta.

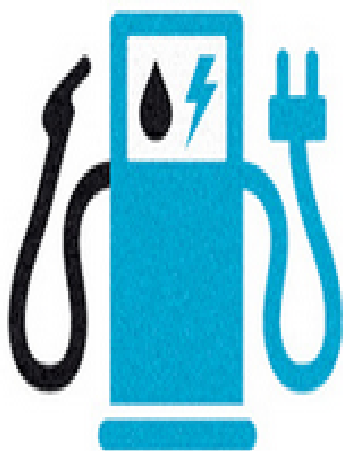


Figura 5. Combustibles fósiles vs Electricidad

La escasez de algunas fuentes energéticas, la ineficiencia en la distribución de energía y la preocupación por el medio ambiente, han hecho que se tomen medidas, de modo que la evolución de la sociedad sea sostenible. La aparición de energías renovables y el estudio para la sustitución de los combustibles fósiles por otros tipos de energía están evolucionando rápidamente, lo que conlleva a la necesidad de una replanificación de la red eléctrica actual con ayuda de las TIC. [Ref 1.1]

En la distribución de la electricidad se desperdicia mucha energía, ya sea por falta de previsión del consumo o por pérdidas debido a las largas distancias. Además, con la inserción de nuevos sistemas como placas solares en edificios o la alimentación de coches eléctricos, el consumo puede variar considerablemente con respecto al consumo medio actual [Ref 1.2].

La instalación de energías renovables en hogares y edificios es cada vez más frecuente, incluso obligatoria para nuevas construcciones, con lo que disponen de la capacidad para suministrarse e, incluso, pueden generar más energía de la que pueden almacenar. Una replanificación de la red aprovecha esta energía sobrante para distribuirla a otras zonas donde es necesaria reduciéndose así las pérdidas por distribución. De este modo, los consumidores toman un papel activo en el proceso.

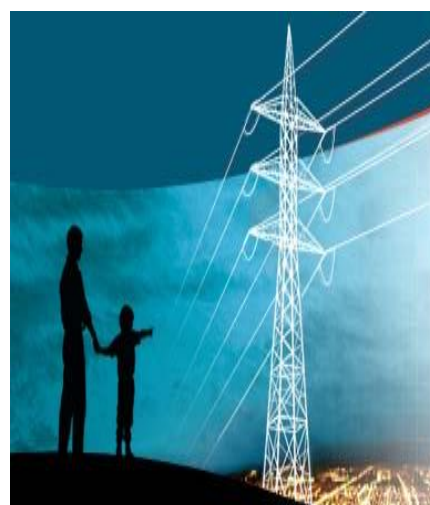


Figura 6. Red del futuro

Smart Energy

Con una red eléctrica inteligente, además de poder aprovechar la energía generada por los mismos consumidores, también se puede estudiar el consumo que se hace según la hora del día, la climatología y otros factores determinantes. De este modo se regularía mejor el uso y la distribución, evitando así posibles pérdidas.



Figura 7. Energía limpia

En esta evolución de la red, las telecomunicaciones toman un papel importante, ya que es la protagonista a la hora de informar a los consumidores sobre su nivel de consumo y sobre la forma más eficiente de hacer uso de la energía favoreciendo así un ahorro energético y, al mismo tiempo, económico.

Por otro lado, las centrales eléctricas toman los datos de los niveles de consumo y comparan con situaciones anteriores para hacer un estudio de las necesidades y así ajustar la generación y la distribución de energía de la forma más equilibrada posible de acuerdo con la demanda. Además, las telecomunicaciones entre dispositivos, sin intervención humana, añaden más facilidades a este nuevo concepto de red inteligente.

De este modo nacen las redes de energía inteligentes, un gran avance para el ahorro de los consumidores y una ayuda para la sostenibilidad del planeta [Ref 1.3].

En esta evolución, las telecomunicaciones pueden solventar los problemas de derroche permitiendo la transmisión de datos entre distintos dispositivos de modo que se tenga la información adecuada en todo momento para llegar a una solución eficiente (Figura 8). El objetivo de este trabajo es estudiar el papel de las telecomunicaciones en la red eléctrica para realizar una planificación estratégica de su evolución para adaptarse a las nuevas necesidades de una forma eficaz, involucrando a los usuarios en ella para participar de forma activa [Ref 1.4].

**Measure, communicate, and integrate
into daily life to change behavior.**

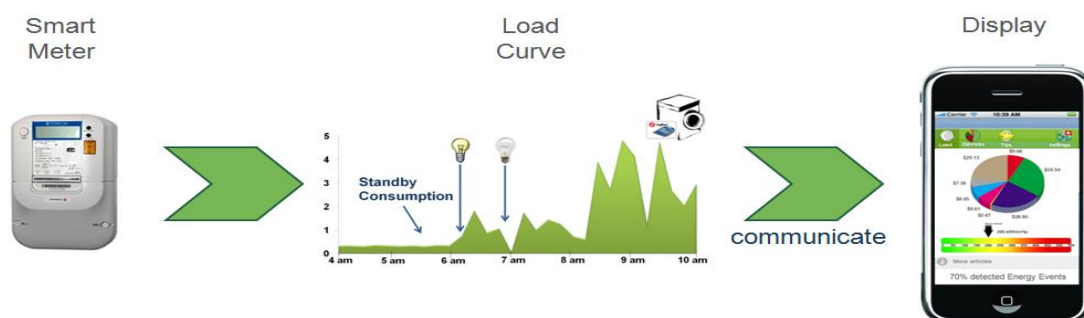


Figura 8. Medir, comunicar e integrar para cambiar el consumo

Primero, estudiaremos cómo es la transmisión de datos para el intercambio de información entre los distintos puntos de la red y con los consumidores. En este punto entran en juego tecnologías M2M y PLC que analizaremos más adelante, basadas en el Internet de las cosas, y dedicadas al intercambio de información entre dispositivos para facilitar la transmisión de datos referidos al consumo en todo momento. Tras este análisis, procederemos a definir el nuevo concepto de red eléctrica y su distribución de energía para después poder enlazar el consumo energético con la transmisión de datos. En este punto analizaremos los distintos factores que deben tenerse en cuenta en la red para llegar a un mejor equilibrio entre oferta y demanda y llegar así a una mayor eficiencia. Finalmente, estudiaremos el caso de España y su transformación hacia la energía inteligente (Figura 9), haciendo una planificación de todos los recursos vistos que hay que tener en cuenta y proponer así una hoja de ruta que optimice la red eléctrica con un objetivo temporal fijado en el año 2020.

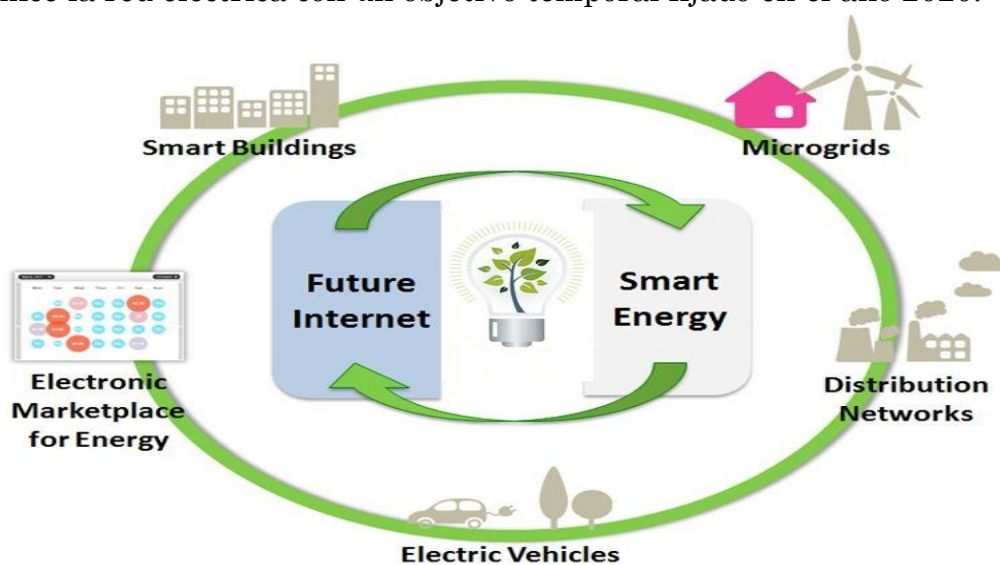


Figura 9. Smart Energy

2. Fundamentos del Internet de las cosas (Internet of the Things)

Como hemos adelantado, el Internet de las cosas permite el intercambio de datos entre dispositivos de distintos tipos con una distancia cualquiera entre ellos. Esto permite introducir nuevas facilidades y mejoras en la vida actual, la cual está cada vez más digitalizada y continúa tendiendo hacia un desarrollo tecnológico que facilite cualquier tarea cotidiana. En este ámbito, las TIC (Tecnologías de Información y las Comunicaciones) trabajan el intercambio de información entre personas y objetos, o incluso entre los mismos objetos, lo que es posible gracias al «Internet de las cosas» que establece una red de interconexión entre dispositivos para tratar los datos generados por cada uno de ellos. De este modo, se puede favorecer la gestión inteligente de la energía, ofreciendo a los usuarios servicios fáciles y baratos para controlar su consumo y administrar sus dispositivos, que resultan cada vez más importantes en la evolución de las Telecomunicaciones. [Ref 2.1, 2.2]

2.1.Objetivos generales del IoT (Internet of Things)

El Internet de las cosas da conectividad al entorno, permitiendo monitorizar y controlar dispositivos de la vida cotidiana a distancia, desde un ordenador o un móvil en cualquier parte del mundo, sin importar lo lejos que esté. Esto abre un amplio abanico de posibilidades para realizar distintas tareas como encender y apagar aparatos eléctricos, sensores de apertura y cierre de puertas, ventanas o armarios, sensores de presencia y detección de movimiento, dando la posibilidad de interactuar con cerraduras, aparatos eléctricos, persianas, etc.

Muchas de las aplicaciones que ofrece Internet se enfocan a optimizar la energía en el hogar y en la ciudad. En el hogar permiten informar al usuario de su consumo en cada momento, aprovechar baterías para almacenar energía y utilizarla cuando la red esté más congestionada, o participar de forma activa en la producción de energía con la instalación de dispositivos que produzcan energías renovables (Figura 10). En lo referente a la ciudad, también aparecen aplicaciones que hacen la ciudad cada vez más “inteligente”, como por ejemplo, sensores de lluvia, de ruido o de



Figura 10. Conexión de dispositivos

Smart Energy

contaminación para conocer los datos de cada zona y alertar en caso de que estos estén fuera de los límites normales, o farolas que se encienden y apagan en función de si me acerco o alejo a ellas.

La instalación de dispositivos capaces de conectarse a Internet y sensores que midan el consumo que se está haciendo y las condiciones del entorno para analizar las necesidades energéticas, dan lugar a un nuevo concepto: “Smart Home” (Figura 11).

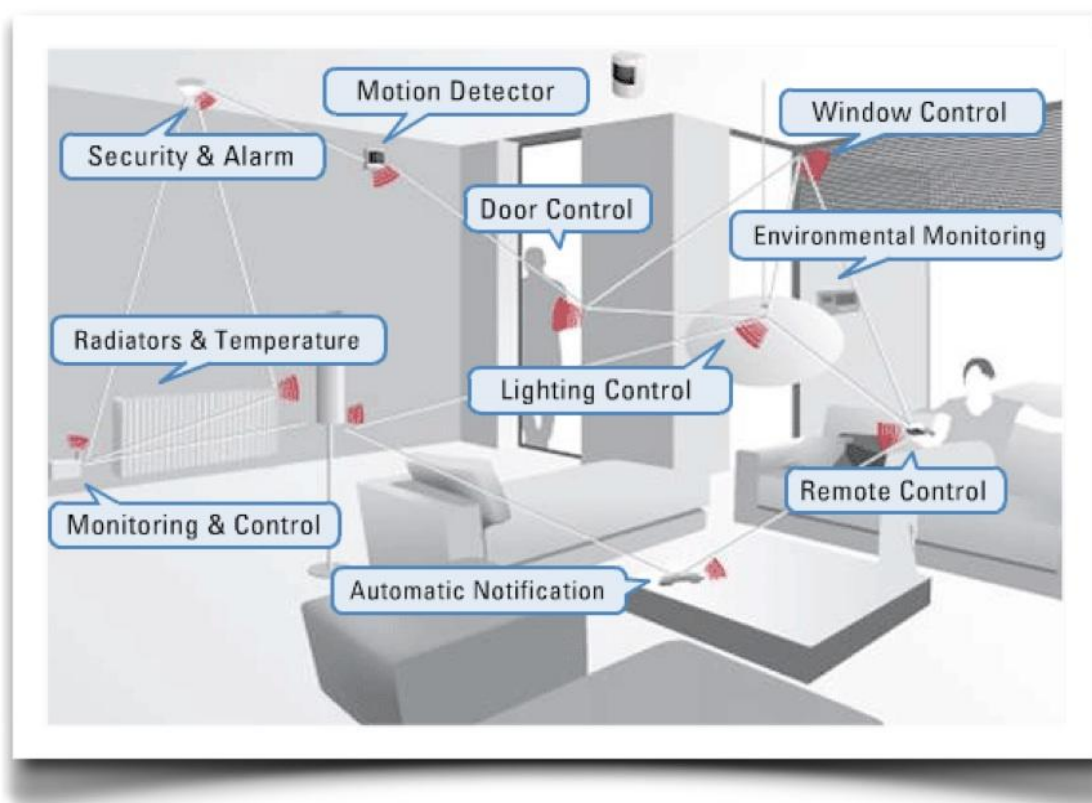


Figura 11. Smart Home (Hogar inteligente)

De esta forma, Internet permite controlar fácilmente los sistemas del hogar desde cualquier parte, informando a los usuarios de su consumo en cada momento y recomendando formas de hacerlo más eficiente, haciendo así que estén más concienciados y sean más responsables con ello.

2.2. Tecnologías básicas que dan soporte al IoT

Hoy en día, la identificación de los objetos para distintas aplicaciones, como control de acceso a edificios o seguimiento de mercancías, es cada vez más común. Incluir una identificación en cada objeto, o incluso en personas y animales, revolucionaría nuestra forma de vida, permitiendo hacer el seguimiento, la gestión y ver el consumo de los distintos productos. De esta

forma, los robos o las pérdidas serían cosa del pasado. Eso es posible con el protocolo IPv6, el cual admite 2^{128} direcciones, cerca de $6,7 \times 10^{17}$ direcciones por cada milímetro cuadrado de la superficie de la Tierra, número más que suficiente para asignar una dirección a cada persona o dispositivo del planeta para identificarlo instantáneamente, lo cual no se puede realizar con IPv4 que sólo admite 2^{32} direcciones.

Las etiquetas RFID (Radio Frequency IDentification) y los códigos QR (Quick Response Code) son mecanismos que enlazan el mundo real y el mundo en línea con un coste muy bajo. Esta conexión se caracteriza por:

- Inteligencia: En el Internet de las cosas, los objetos tienen capacidad de actuar por sí mismos según unas características establecidas según su finalidad.
- Arquitectura: el sistema está orientado a eventos paralelos y simultáneos en tiempo real. Es capaz de gestionar varias tarjetas al mismo tiempo.

RFID es una tecnología diseñada para almacenar y recuperar datos de dispositivos remotos mediante ondas radio apoyándose en el Internet de las cosas. Se utiliza para la identificación y la obtención de datos de alimentos, coches y otros objetos o incluso de animales (Figura 12). El estudio y las nuevas aplicaciones de esta tecnología muestran que es una herramienta muy versátil e innovadora que puede revolucionar el día a día con multitud de nuevas aplicaciones. Una gran ventaja para su extensión es que la arquitectura que necesita es muy simple: tenemos un lector RFID que hace el papel de interrogador en la comunicación, encargándose de leer y escribir datos en los dispositivos, y los tags que transmiten información para responder al interrogador. [Ref 2.3]



Figura 12. Control de una biblioteca con RFID



Smart Energy

La tecnología NFC (Near Field Communication) permite intercambiar datos entre dispositivos a poca distancia de forma inalámbrica. Se incorpora en dispositivos móviles y ofrece distintas aplicaciones que permitirán mejorar la eficiencia y el servicio al cliente en distintos ámbitos como el transporte público, la atención médica o los pagos utilizando el móvil.

«Si una persona se conecta a la red, le cambia la vida. Pero si todas las cosas y objetos se conectan, es el mundo el que cambia.»

Hans Vestberg, CEO de Ericsson

El sistema AlertMe SmartEnergy permite a los consumidores controlar su uso de energía en tiempo real vía web o Smartphone desde cualquier sitio y en cualquier momento. Integra varios dispositivos y servicios del edificio en una aplicación para crear un sistema que conecta todo y habilitar la capacidad de automatizarlos para trabajar juntos. El sistema es capaz de aprender a crear procesos de forma inteligente, de este modo se adapta al confort y eficiencia del consumo del hogar sin intervención. Para su funcionamiento sigue un proceso que analiza los cambios en el voltaje de la red del hogar para deducir las aplicaciones que están en uso, de este modo funciona aunque no haya un medidor inteligente que muestre los datos al usuario. [Ref 2.4]

3. Fundamentos de las tecnologías M2M y PLC

El Internet de las cosas potencia la interacción “máquina a máquina” (M2M) conectando dispositivos como Smartphone a distintos tipos de objetos como televisores, electrodomésticos, elementos de edificios o automóviles, así como a las personas con esos objetos. Esta posibilidad permite un mejor tratamiento de la información sin que el ser humano tenga que intervenir en el proceso, una opción muy atractiva para esta red inteligente en la que los nodos de la red serán capaces de compartir la información necesaria para conseguir el mejor rendimiento.

En este mismo punto, trataremos también cómo se realiza el intercambio de información entre nodos de la red eléctrica mediante la transmisión de datos gracias a la tecnología PLC.

De este modo, veremos cómo se realiza el intercambio de información a través de la red eléctrica. Esta es la estructura base gracias a PLC sobre la que se apoya la tecnología M2M la cual permite que los dispositivos se

conecten entre ellos sin importar la distancia que los separe y posibilita el intercambio de información gracias al IoT.

3.1. Tecnologías

Las tecnologías **M2M** (*Machine to Machine o Máquina a Máquina*) se basan en el intercambio de información de datos en tiempo real entre máquinas remotas sin intervención humana (Figura 13) [Ref 3.1, 3.2]. Esta tecnología ha permitido abordar diversos requisitos funcionales aportando datos de relevancia como el estado de los equipos, información contextual o procesamiento de transacciones y alertas. Actualmente hay un creciente reconocimiento de esta tecnología que comienza a implantarse en distintos mercados como el caso que nos interesa, la energía.

Las capacidades de M2M han aumentado por los avances tecnológicos en comunicaciones inalámbricas, como la llegada de LTE, por la disminución de precios de los dispositivos y por la introducción de los Smartphone. De este modo, esta tecnología ha dado lugar a la gran ventaja de poder compartir información y experiencias entre dispositivos en cualquier parte del mundo.

La arquitectura de las tecnologías M2M está compuesta por:

❖ Máquinas remotas

Son aquellos dispositivos que reciben instrucciones para ejecutar un proceso. Por ejemplo, en nuestro caso de estudio, estos serán los puntos intermedios de la red eléctrica a los que haya que gestionar desde la central, como los contadores de electricidad.

❖ Dispositivo M2M

Son los dispositivos que se encargan de gestionar máquinas remotas dándoles comunicación con el servidor. Tiene capacidad de proceso para ejecutar la funcionalidad necesaria. Por una parte implementa el protocolo para comunicarse con la máquina y por otra parte implementa el protocolo de comunicación para el envío de información.



Figura 13. M2M



❖ Servidor

Es el ordenador que gestiona el envío y la recepción de información de los dispositivos M2M y las máquinas remotas. Está en la central, de modo que es el encargado de avisar de los datos obtenidos.

❖ Red de comunicación

En este caso de estudio, la transmisión de datos se lleva a cabo por el cableado de la misma red eléctrica con tecnologías como PLC que veremos a continuación.

El número de dispositivos conectados a Internet con un sistema de gestión inteligente está en continuo crecimiento. Para el próximo año se prevé que el 70% de los dispositivos electrónicos de consumo estarán conectados a Internet y, en el 2020, más de 50 billones de dispositivos tendrán esta capacidad. Por esto, aumentan las características y exigencias de distintas áreas y, con ello, la necesidad de nuevos requisitos y soluciones para tener una conectividad gestionada totalmente por dispositivos. Debido a esta rápida evolución de las aplicaciones, la tecnología M2M tiene un alto potencial para generar ingresos y nuevos servicios y mejorar la satisfacción de los usuarios.

Aunque todavía es pequeño en comparación con el mercado de las telecomunicaciones tradicionales, M2M ha sido desarrollado con un gran ritmo en diversos países y esta tendencia se espera que se mantenga. Uno de los sectores más importantes para M2M es el mercado de las empresas de servicios (utilities), de suministro energético (gas y electricidad) y de agua, sobre todo, para aplicaciones de medición inteligente y de redes inteligentes de distribución, con un alto potencial para determinar su evolución teniendo en cuenta las necesidades específicas del sector y sus requisitos.

Existen cuatro CSPs que destacan en la competición por las M2M por su fuerte inversión durante el año 2012: Vodafone, Deutsche Telekom, AT&T y Telefónica. Vodafone está en primer lugar por su fortalecimiento continuo en la oferta de productos con esta tecnología. Deutsche Telekom está en segundo lugar por su amplia presencia en mercados europeos y estadounidenses. AT&T también se beneficia de su fuerza en EEUU, donde el mercado de las M2M alcanza una cuarta parte del global, aunque también ha crecido en otros países con el despliegue de su plataforma Airon G&D, la cual administra tarjetas SIM, dispositivos y suscripciones con el máximo nivel de seguridad permitiendo diversas aplicaciones. En último lugar, Telefónica ha destacado en este mercado, especialmente en este último año,



por su fortalecimiento en el mercado de América Latina y por su liderazgo en la alianza global de operadores móviles. [Ref 3.5]

Estas comunicaciones entre máquinas se caracterizan por seis aspectos a seguir por los CSPs, las seis 'P's:

- ❖ **Pedigree:** la genealogía de una CSP se mide por el número de conexiones M2M que controla. Este negocio está altamente concentrado en China y Estados Unidos. El año 2012 es en el que más han crecido estas conexiones.
- ❖ **Plataforma:** las capacidades de la plataforma M2M son críticas para su rentabilidad, los CSPs deben ser capaces de suministrar y dar conexiones a un precio mínimo. Por ello, se busca una plataforma capaz de mantener un mercado líder donde el PSC tenga control de su evolución.
- ❖ **Place (Lugar):** La cobertura es una característica esencial para la implantación de M2M. Esto lleva a la formación de alianzas entre CSPs. En este punto Vodafone tiene ventaja por su amplia cobertura.
- ❖ **Partnerships (Asociaciones):** M2M requiere un enfoque activo para asociaciones. Lo importante no es cuántas asociaciones haya o con quién, si no lo que se logra.
- ❖ **Proceso:** el proceso de desarrollo de aplicaciones M2M debe ser sencillo y progresivo para ir adaptándose a las necesidades.
- ❖ **People (Gente):** Todos los CSPs dedican unidades de negocio para establecer los puntos que necesitan máxima atención en el despliegue de M2M.

Las comunicaciones M2M están creciendo mucho en los últimos años, por lo que se les ha asignado una numeración específica que empieza por 59 para responder a la alta demanda de estos servicios (Figura 14). A finales del año 2011, en España había 2,4 millones de líneas M2M. Los fabricantes insertan una SIM de serie en los productos que se puede gestionar remotamente y que permite al objeto transmitir datos por IP, SMS, MMS o, incluso, voz lo que da pie a servicios cada vez más complejos. [Ref 3.7, 3.8, 3.9]

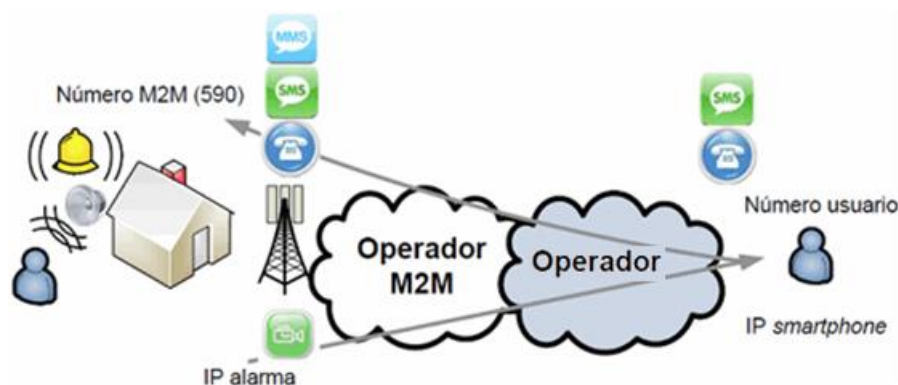


Figura 14. Comunicaciones M2M

Como hemos adelantado previamente, la transmisión de datos entre máquinas conectadas a la red eléctrica se realiza a través de esta misma red. En este aspecto tiene un papel protagonista la tecnología **PLC** (*Power Line Communications*), la cual utiliza la red eléctrica convencional para transmitir señales de información y dar así comunicación a los distintos dispositivos que forman parte de ella (figura 15). De esta forma, se permite el acceso a Internet de banda ancha (BPL “Broadband over Power Lines”), entre otras cosas, convirtiendo una red ya desplegada y con una alta

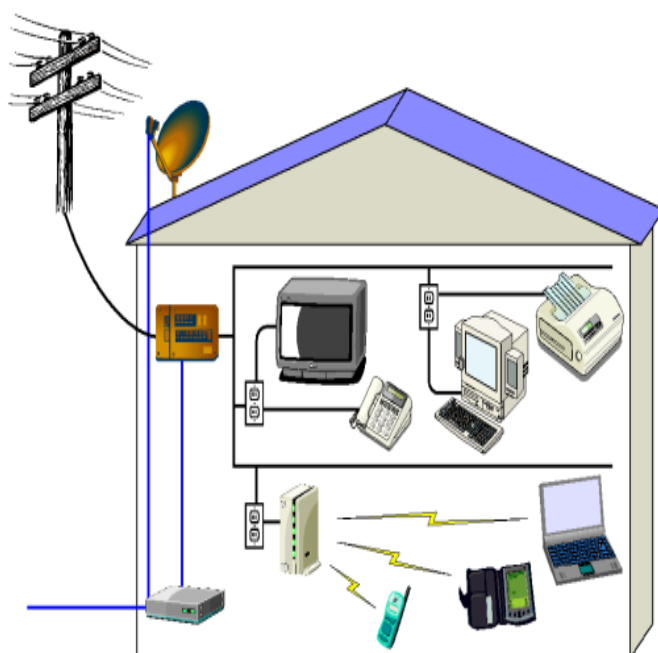


Figura 15. Red PLC

capilaridad en una red digital de alta velocidad de transmisión. Esto lleva a un coste competitivo y a una rápida instalación en relación con otras tecnologías alternativas. M2M es una aplicación de este tipo de redes, de modo que controla cualquier dispositivo conectado a la red dándole la capacidad de transmitir datos a través de la red eléctrica a alta velocidad con una conexión permanente, de modo que la inversión en infraestructuras es muy reducida y su zona de cobertura es muy amplia.

Para usar esta tecnología, sólo se necesita un módem BPL conectado a una toma de energía con acceso a Internet de alta velocidad. Este dispositivo transmite en alta y media frecuencia (señal portadora de 1,6 a 30 MHz) con una velocidad asimétrica entre 256 kbps y 2,7 Mbps. Esta forma de conexión sobre cable tiene muchas ventajas por su fiabilidad y estabilidad con respecto a conexiones inalámbricas, su amplia cobertura asumiendo



inversiones pequeñas y su facilidad para conectar a la red de datos todo tipo de dispositivos. Además, las altas prestaciones de los estándares del IEEE, como el IEEE 1901, la hacen una buena alternativa [Ref 3.6].

Sin embargo, a pesar de las ventajas de PLC de coste reducido, infraestructura desplegada, conexión permanente y alta velocidad, la red eléctrica no está aislada, por lo que las líneas actúan como antenas en la banda de funcionamiento (0-30 MHz), que comparten otros servicios radio, como los radioaficionados y otros sistemas de comunicación (militar, aeronáutico...). Esta posible interferencia puede llegar a anular otras señales pero este problema se puede reducir utilizando una modulación OFDM, la cual divide un canal de frecuencias en bandas equiespaciadas, cada una de las cuales transporta una portadora ortogonal al resto. Otra desventaja de esta tecnología se debe al diseño original de la red eléctrica, ya que no estaba pensada para la transmisión de datos y, por ello, las líneas son ruidosas. Hay que tener esto en cuenta para que las interrupciones de la señal no afecten.

Al repetidor de un edificio llega una velocidad de 45 Mbps y puede dar servicio hasta 256 módems PLC. La velocidad desde los centros de control de las estaciones de voltaje medio hacia Internet es de hasta 134 Mbps, a través de fibra óptica o red de cable.

Las señales BPL no se propagan por los transformadores de distribución, por lo que solo se necesita equipo adicional en las zonas con pocas casas conectadas a un transformador de distribución. El ancho de banda es limitado, de modo que en este caso la velocidad será mayor por el menor número de usuarios que comparten la línea. Una opción es el uso de los sistemas BPL como redes de retorno de comunicaciones inalámbricas, colocando los puntos de acceso en postes de energía.

Los transformadores de la red eléctrica están diseñados para trabajar con bajas frecuencias (50-60 Hz), tiene efectos capacitivos, por lo que las señales BPL (30 MHz) tienen dificultad para pasar por ellos ya que actúan como un filtro paso bajo que atenúa la señal. Debido a esto, es necesario el uso de repetidores.

3.2.Aplicaciones

Las tecnologías M2M, apoyadas por la tecnología PLC, son útiles en muchas áreas para ofrecer múltiples servicios. En este caso nos centramos en el

Smart Energy

sector de la energía, donde nos permitirá mejorar la eficiencia del uso energético, reducir gastos de explotación y mantenimiento, diseñar nuevos servicios y obtener una ventaja competitiva [Ref 1.4].

La asistencia y el mantenimiento de los equipos se verán mejorados por la capacidad de los dispositivos, como contadores o partes de la red, de informar inmediatamente si hay alguna avería mandando los datos necesarios para que los técnicos acudan al emplazamiento con las herramientas necesarias para solucionarlo, lo que optimiza el tiempo de reparación.

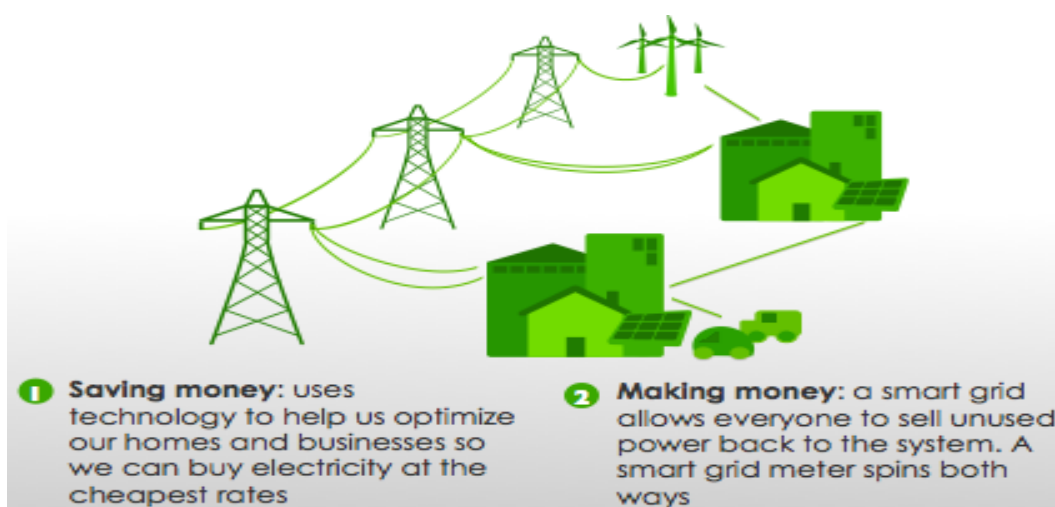


Figura 16. Ventajas red inteligente

En cuanto a la medición inteligente, permite realizar un seguimiento del consumo y del suministro energético para hacerlo de la forma más eficiente y fiable de modo que la asignación de recursos sea óptima y reducir así costes (Figura 16). Esto da lugar a múltiples aplicaciones para la lectura remota de contadores, la gestión del cliente, el equilibrio de la demanda y la automatización doméstica. Esto permitirá que los usuarios sean una parte activa de la red, pudiendo consultar en todo momento su consumo energético. Además, las redes inteligentes permiten conectar de forma inalámbrica elementos de la red de transmisión de una empresa de suministros, como transformadores y otros equipos de las subestaciones. De este modo, se pueden crear redes más inteligentes y resistentes.

Con PLC, un solo módem permite acceso a Internet, telefonía, domótica, seguridad y otros servicios para hacer el hogar más inteligente. La transmisión de datos a través de la misma conexión de alimentación a la red eléctrica de la casa habilita a todos los dispositivos a intercambiar información utilizando el Internet de las cosas. De este modo, el usuario



puede dirigir los elementos de su hogar desde cualquier parte del mundo con una aplicación instalada en un terminal móvil.

Así es como las tecnologías PLC y M2M, junto con el Internet de las cosas, se unen para permitir a los usuarios controlar todos los dispositivos de su hogar desde cualquier parte del mundo o, incluso, programarlos para que se intercambien la información necesaria entre ellos y cumplir con sus objetivos.

3.3.Principales actores: suministradores de tecnologías y creadores de aplicaciones

En el despliegue de estas tecnologías, cada vez más utilizadas, han intervenido distintos suministradores y desarrolladores que favorecen su evolución y le dan cada vez más usos en distintas aplicaciones. A continuación veremos cuáles son los más importantes para cada tecnología y qué han aportado a su mercado y a su desarrollo.

❖ M2M

Con el amplio crecimiento esperado para las tecnologías M2M, varias empresas han comenzado a ofrecer plataformas y soluciones para este tipo de conexiones entre dispositivos.

- Ericsson y SAP, se han unido para ofrecer medidas con el uso de software-as-a-Service (SaaS), un modelo de distribución software apoyado por unos servidores a los que pueden acceder los clientes a través de Internet desde cualquier ordenador, aunque no esté en el mismo edificio. Las empresas proveedoras se encargan del mantenimiento y el soporte diarios, lo que evita que sus clientes no tengan que contar con un área especializada de soporte para sus sistemas, reduciéndose así sus costes y riesgos. De esta forma, las empresas pueden encontrar formas mejores y más innovadoras para responder a las necesidades de sus clientes con mayor velocidad. Además, adoptando estos servicios, mejorarán su rendimiento al facilitarse tareas como mantenimiento de equipos, servicios a distancia, inventarios, transporte y otros aspectos. Estos aspectos, por tanto, se hacen esenciales para el concepto de red eléctrica, la cual se apoya en esta tecnología para aumentar su eficiencia. [Ref 3.3]
- Vodafone es una de las empresas con más experiencia en el ámbito de las comunicaciones M2M, gestionando y planificando el despliegue de



Smart Energy

este tipo de sistemas. Por ejemplo, la SIM que permite estas comunicaciones será incluida en coches de la marca BMW para innovar los servicios online de estos vehículos, como por ejemplo el eCall, un servicio de llamada de emergencia automática en caso de accidente. [Ref 3.4]

❖ PLC

La red básica para el desarrollo de la tecnología PLC es la red eléctrica, en relación con la distribución y producción de energía por lo que empresas energéticas tienen un papel muy importante en esta evolución.

Inicialmente, la opción de utilizar la red eléctrica como red de datos parecía un gran negocio para las compañías eléctricas ya que podrían ofrecer electricidad e Internet por la misma línea, es decir, no tenían que invertir en nuevas infraestructuras.

Debido al posible negocio que se ofrecía, empresas como Iberdrola o Endesa realizaron pruebas piloto en España para probar la tecnología en distintas ciudades:

- **Madrid:** Iberdrola, con la colaboración de otras como IBERINCO, desarrolló pruebas piloto en Octubre de 2003 en Madrid a través de su operador de telecomunicaciones, Neo-Sky, para impulsar la comercialización de Internet sobre PLC. Con este despliegue se daba servicio a 150 usuarios finales. [Ref 3.8]
- **Zaragoza:** Endesa llevó a cabo unas pruebas piloto en Zaragoza dando servicio a 2000 usuarios, aunque en unos años se redujo a 600, favoreciendo a aquellos a los que no les llegaba el cable. [Ref 3.9]

Sin embargo, estos proyectos fueron cancelados por no satisfacer las expectativas esperadas. Este fracaso se debe fundamentalmente al estado de la red eléctrica, la cual no fue diseñada para transmitir datos, y por ello incluye empalmes y elementos que incrementan el número de errores en la información, se produce una atenuación alta y existen varias fuentes de ruido.

De este modo, la tecnología PLC quedó reducida a la transmisión de pequeñas informaciones o para entornos cerrados como el hogar.

Smart Energy

Netgear, por ejemplo, es una empresa dedicada a la conexión de dispositivos en entornos reducidos, para ello da algunas soluciones utilizando la tecnología PLC. Por ejemplo, el dispositivo XAVNB2001 (Figura 17) crea un punto de acceso a Internet desde un enchufe, de este modo, consigue establecer redes seguras y fiables mejorando la velocidad de conexión inalámbrica. [Ref 3.10]



Figura 17. Adaptador PLC

Sin embargo, PLC resulta ser una tecnología muy adecuada para la red inteligente, donde resulta crítica para controlar las aplicaciones tales como Smart Grid, Smart Cities y Smart Buildings. Una gran ventaja de PLC para estos ámbitos es su capacidad para trabajar donde la radiofrecuencia no puede. Por ejemplo, si el Smart Meter de un edificio está en una zona donde no llega la cobertura radioeléctrica, PLC permite su conexión con el concentrador a través de la red eléctrica.

En este ámbito, Echelon es una empresa dedicada a buscar soluciones que, a través de la red eléctrica, implementan sistemas de PLC que se adaptan a la hora del día y a las fuentes de ruido presentes en cada momento. La capacidad de identificar automáticamente el transformador de la red y la búsqueda del mejor camino hasta los dispositivos hace que la transmisión de paquetes hasta su destino sea más eficiente, una característica esencial para las aplicaciones inteligentes. Estos sistemas tienen una fiabilidad de hasta un 99% y se utilizan para soluciones como el alumbrado inteligente de las calles (Figura 18).

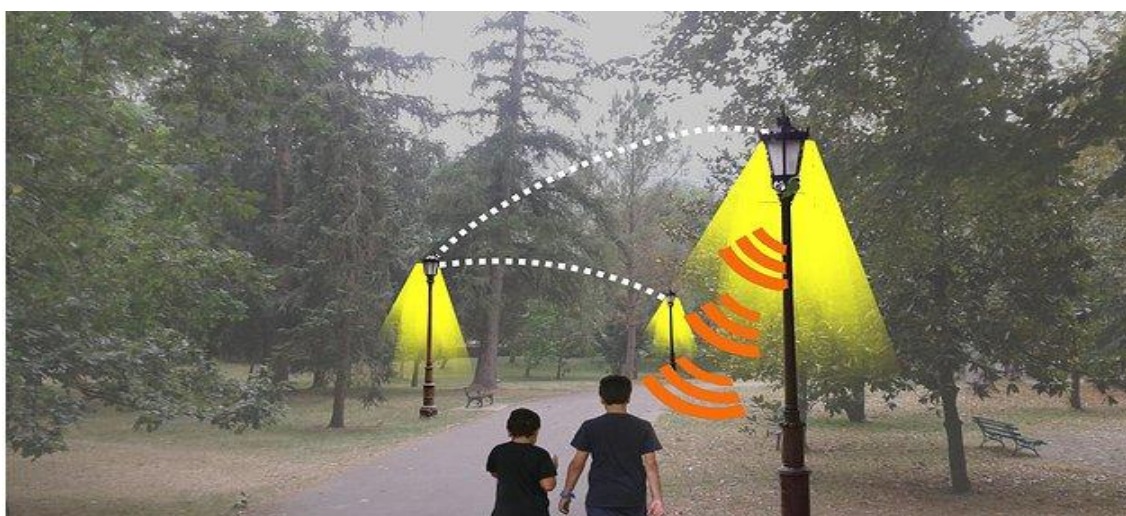


Figura 18. Alumbrado inteligente

Smart Energy

Con esta aplicación, el manejo remoto de las farolas permite una eficiencia energética al programar el encendido o apagado de las luces según unos niveles dependientes de la hora del día, la estación del año y las condiciones meteorológicas [Ref 3.11].

La ciudad de Oslo, por ejemplo, ha sido pionera en esta práctica y ha llegado a reducir su consumo energético en un 62%, adaptando el alumbrado de sus calles a las condiciones del tráfico y del clima. Desde 2006, esta ciudad ha impulsado la telegestión del alumbrado con el protocolo de comunicación LonWorks, el cual hace frente a aplicaciones de control para automatizar varias funciones. Actualmente cuenta con 10.000 puntos de luz inteligentes y esperan completar la instalación de 55.000 puntos en 2014. [Ref 3.12]

Otra solución de Echelon en este ámbito es la medición inteligente, con la cual se permite recoger datos y estadísticas del consumo eléctrico para poder acceder a la facturación en cualquier momento y, además, permite realizar un mantenimiento a distancia o la detección de robo de energía así como fallos en la línea de transmisión.

4. El sector energético y la distribución

La red eléctrica tradicional se basa en una malla de líneas de transmisión que unen la central generadora con las subestaciones y los usuarios de forma unidireccional (Figura 19).

Los centros de producción están alejados de los consumidores, por lo que la energía tiene que recorrer grandes distancias. Esto conlleva a la necesidad de una amplia y costosa infraestructura que cubra todo el terreno y, además, supone unas pérdidas en las redes de transporte y distribución. Para reducir estas pérdidas de transmisión, la energía se transmite a altos voltajes y se utilizan transformadores para reducirlo en el lado del usuario. [Ref 1.1, 4.1]

Otro inconveniente es la necesidad de un equilibrio constante entre la producción de energía y la demanda de la misma, ya

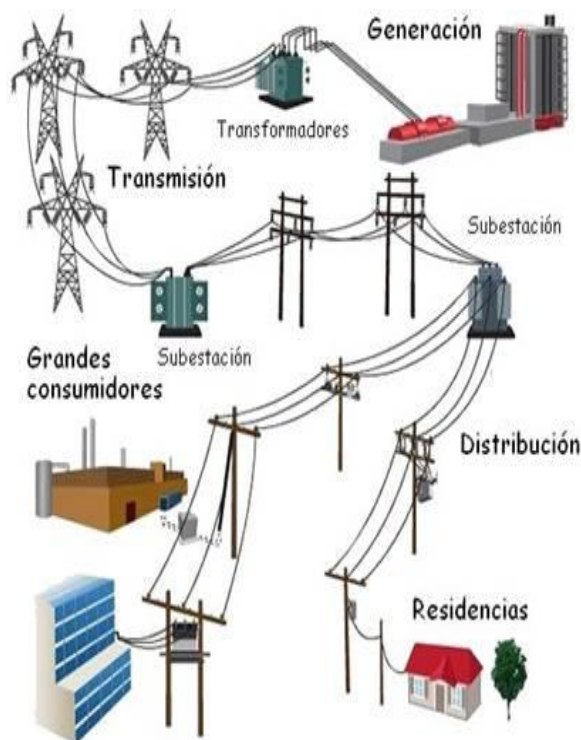


Figura 19. Red eléctrica tradicional

que la energía eléctrica no puede almacenarse en grandes cantidades. Si por el contrario no se llega a este balance, esto supone la pérdida de la energía que no es consumida.

El aumento de la demanda (Figura 20) se ha visto determinado por un incremento de la capacidad industrial, por el crecimiento de la población, por el nivel de vida, etc. Además, avances tecnológicos han integrado nuevos elementos a la red eléctrica, como por ejemplo el coche eléctrico o las energías renovables. Junto a ello, el aumento de población, suponen un incremento del consumo eléctrico, lo que hace más notable las deficiencias de la red y lleva a la tentativa de un ahorro energético, optimizando los procesos de producción, distribución y almacenamiento de la energía.

Red de transporte peninsular y extrapeninsular					
Km de circuito	2007	2008	2009	2010	2011
400 kV	17.134	17.686	17.977	18.765	19.622
220 kV	16.457	16.558	16.698	17.352	18.218
150-132-110 kV	75	75	75	280	295
<132 kV	-	-	-	1.998	1.998
Total	33.665	34.319	34.750	38.395	40.133

Posiciones de subestaciones peninsulares y extrapeninsulares					
Número de posiciones	2007	2008	2009	2010	2011
400 kV	1.004	1.055	1.114	1.185	1.241
220 kV	2.034	2.103	2.267	2.652	2.820
150-132-110 kV	4	4	4	47	52
<132 kV	-	-	-	723	741
Total	3.042	3.162	3.385	4.607	4.854

Capacidad de transformación peninsular y extrapeninsular					
Potencia (MVA)	2007	2008	2009	2010	2011
Total	58.372	62.772	65.797	72.220	74.920

Figura 20. Evolución de la infraestructura y la potencia de la red eléctrica

4.1.Principales retos

Ante el aumento de la demanda de energía, nace el concepto de red eléctrica inteligente, la cual se basa en la comunicación bidireccional en tiempo real entre central y usuario para combatir todos los inconvenientes que supone la red tradicional. Cada uno de los sentidos de esta comunicación tiene unos fines:

- **Comunicación contador-red:** reducción de errores, informe de datos individuales de usuario y agregados, mayor versatilidad en la facturación y tarificación, detección inmediata de cortes, pérdidas o fraudes y reducción de la versatilidad de la curva de demanda.



- **Comunicación red-contador:** suministro instantáneo de servicios, cancelaciones o cortes, modificaciones de potencia y resolución de incidencias.

De esta forma, la red de distribución evoluciona hacia el concepto de “Smart Grid”, la cual dará mayor robustez ante situaciones de emergencia y proporcionará mayor flexibilidad, adaptándose dinámicamente a la demanda energética. Esto exige una mejora en la comunicación y, por lo tanto, en el control del consumo, además de buscar la generación y la distribución de energía de una forma más eficiente. Para alcanzar estos objetivos, hay que apoyarse en la capacidad de gestión remota de los dispositivos, en la monitorización y en la obtención de estadísticas para controlar mejor el sistema de producción y distribución. [Ref 4.2, 4.3, 4.4, 1.5, 1.14, 4.6, 4.7]

La introducción de una red de comunicaciones en la red eléctrica permitirá considerables mejoras en distintos ámbitos de dicha red. A nivel de seguridad, se permitirá detectar fallos en la red instantáneamente y encontrar métodos alternativos para aislarlos y solucionarlos eficientemente de forma que quede totalmente controlado y no se propague a otras zonas. Esto será de gran utilidad en los cortes de energía de forma que la reanudación del sistema será más rápida y, principalmente, se restablecerán los servicios de emergencias. A nivel de producción y distribución, la comunicación bidireccional entre los lectores de consumo y los dispositivos y centrales, y la instalación de sensores en las líneas de transmisión mejorarán la eficiencia del sistema equilibrando la oferta y la demanda en cada momento.

Esta actualización de la red eléctrica permitirá la introducción de diversas tecnologías que mejorarán el uso energético y aumentarán su eficiencia tales como:

❖ Cogeneración

La cogeneración es un proceso que permite la producción simultánea de calor y energía eléctrica partiendo de un mismo proceso y combustible. De esta forma, se consigue una mayor eficiencia al aprovechar el calor en forma de vapor de agua o de agua caliente que se desprende al generar electricidad, y así generar también energía térmica. [Ref 4.8]

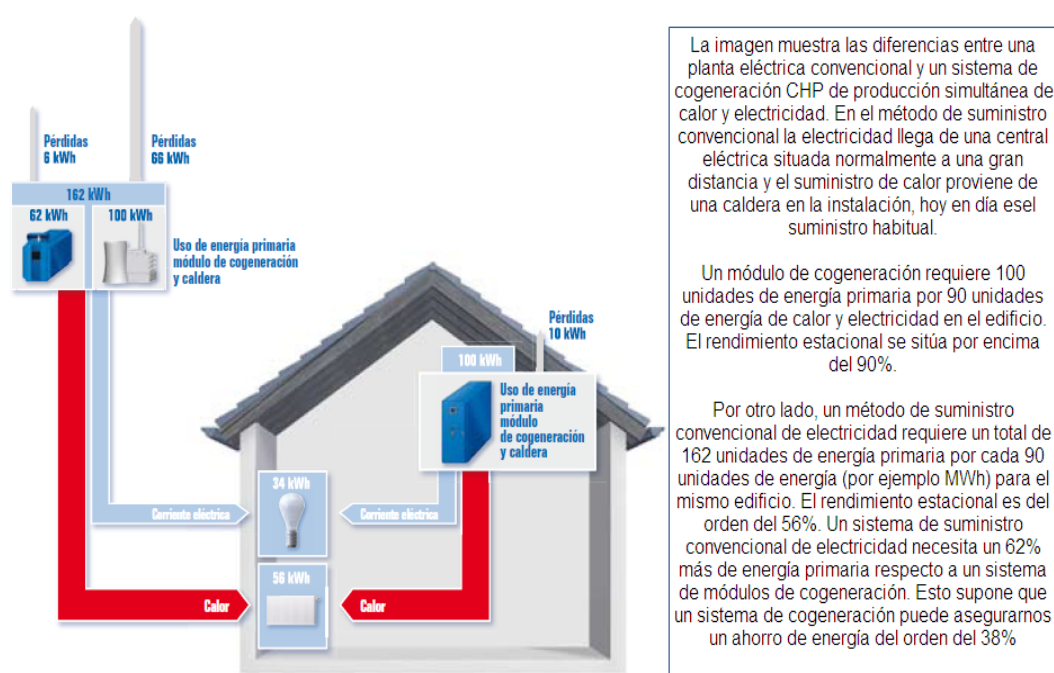


Figura 21. Sistema de cogeneración vs planta eléctrica convencional

De esta forma se aprovecha tanto la energía mecánica o eléctrica de un proceso como el calor que se disipa, por lo que la eficiencia energética es mayor que con el método tradicional de producción de energía en las centrales y de calor en las calderas, de esta forma no se pierde la energía térmica, evitando volver a generarla cuando es necesaria, y se evitan pérdidas en la distribución (Imagen 21).

Para alimentar las centrales de cogeneración se pueden utilizar distintos tipos de fuente, desde el gas natural, que es el más utilizado, hasta energías renovables. Esto hace que este procedimiento sea más ecológico que aquellos que utilizan carbón o petróleo.

❖ Microgeneración

La red inteligente también tiene en cuenta la microgeneración, es decir, la instalación de energías renovables en edificios y casas para independizarlos de la red eléctrica convencional, permitiendo generar, almacenar, administrar y consumir energía de manera más eficiente. Además, estas fuentes de energía son inagotables, limpias, silenciosas y respetuosas con el medio ambiente por lo que resultan muy atractivas. [Ref 4.9, 4.10]

La microgeneración da autonomía a los usuarios con estas tecnologías generando pequeñas cantidades de energía suficientes para satisfacer sus necesidades e, incluso, cuando la producción sobrepasa el consumo, esta

energía se puede vender al suministrador eléctrico para aprovecharla y distribuirla a otros usuarios de la red. Además, las energías renovables permiten alimentar zonas que son difícilmente accesibles por el tendido eléctrico, dando autosuficiencia a hogares o elementos de infraestructuras.

Esto conlleva una reducción de compra de energía y una participación más activa de los usuarios en la red. La intervención, cada vez mayor, de los recursos energéticos renovables y distribuidos que se caracterizan por niveles de salida volátiles ha introducido nuevos desafíos para los sistemas de energía eléctrica. La introducción en el mercado a gran escala de nuevos tipos de carga como vehículos eléctricos y bombas de calor es uno de los nuevos retos para los sistemas eléctricos.

En España se explotan distintos tipos de energías gracias a su gran potencial debido a su situación y climatología. En el siguiente mapa (Figura 22) observamos que las energías renovables más explotadas en nuestro país son la solar y la eólica, especialmente a nivel de autoconsumo ya que otras, como la geotérmica, están orientadas a una potencia mayor. A continuación hablaremos sobre los avances que se han hecho en las dos que nos interesan.



Figura 22. Energías renovables en España

➤ Energía Solar

La energía solar es una de las más importantes por su versatilidad, ya que abarca distintos rangos de producción, desde grandes superficies, como parques solares (Figura 23), hasta la alimentación de pequeños dispositivos, como en prendas de vestir o en dispositivos que porta el usuario consigo.



Figura 23. Parque solar

Los paneles solares evolucionan para integrarse mejor en el entorno y conseguir energía lo más cerca posible del dispositivo que la necesite. A continuación presentamos algunos ejemplos interesantes de tecnologías que se han desarrollado con este fin y que tienen la misma finalidad que las placas fotovoltaicas tradicionales.

Los móviles y otros dispositivos evolucionan rápidamente y cada vez tienen más capacidades que son difíciles de soportar por las baterías tradicionales. Por ello, se han desarrollado soluciones como fundas que incluyen una placa solar para cargar la batería del dispositivo (Figura 24) o la membrana fotovoltaica, una película transparente con tiras fotovoltaicas finas que se pega a la pantalla del móvil para captar energía solar o energía de otra fuente de luz cercana (Figura 25). Los periodos de carga con estos mecanismos dependen de la intensidad de luz. [Ref 4.11]



Figura 24. Cargador solar



Figura 25. Membrana fotovoltaica

En el hogar, esta energía toma una importancia considerable ya que puede ser explotada con diversos recursos, cada vez más integrados en el hogar, permitiendo a los usuarios autoabastecerse. El desarrollo, por ejemplo, de los tejados formados por tejas solares (Figura 26), fabricadas con vidrio y con un peso similar al de las tejas de barro, producen de 300 a 500 kwh. Estas tejas calientan el aire que hay bajo ellas, y este calor se aprovecha para calentar fluidos para su posterior uso. Otro desarrollo para el hogar son los cristales cubiertos por captadores de luz conectados a células solares en los bordes del vidrio que transforman la energía solar en electricidad (Figura 27). [Ref 4.12, 4.13]



Figura 26. Tejas solares

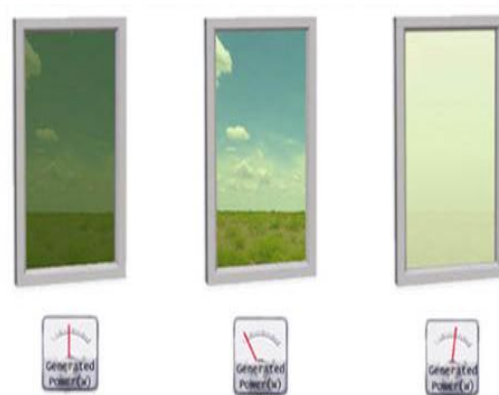


Figura 27. Cristal energético

España es un país muy propicio para la energía solar ya que, con buenas condiciones de irradiación, el valor es superior a los 1000 W/m² en la superficie terrestre, aunque estos valores depender del momento del día y de las condiciones atmosféricas. Por ello, aparte de explotar esta energía en el hogar y en algunos dispositivos, también se buscan innovaciones para el exterior, como por ejemplo alumbrado o cobertura eléctrica.

Otras novedades que se han introducido en algunas ciudades para aprovechar esta energía sin afectar mucho al entorno son, por ejemplo, los árboles solares (Figura 28), que imitan el mundo vegetal introduciendo paneles fotovoltaicos en sus ramas y dan cobertura eléctrica con enchufes y puertos USB. También se aprovechan los techos de grandes superficies como estaciones o universidades para instalar paneles solares que los abastezcan (Figura 29). Además de estos proyectos, existen otros en desarrollo, por ejemplo las carreteras solares (Figura 30), en las que los paneles solares están instalados bajo una cubierta de cristal resistente. Esto permitiría dar energía a todos los elementos de la carretera como alumbrado o señalización

Smart Energy

y, además, permitiría generar calor en invierno para evitar placas de hielo.
[Ref 4.14, 4.15]



Figura 28. Árbol solar
(Milán)



Figura 29. Superficie solar
estación Blackfriars
(Londres)



Figura 30. Carretera solar

➤ Energía Eólica

Al igual que la energía solar, la energía eólica también se ha desarrollado para aprovechar el viento lo más posible intentando acoplarse al entorno lo más posible. La posición de los molinos es esencial para el aprovechamiento de su energía, de modo que sean capaces de suministrar a la red la máxima cantidad posible. Para ello, es muy importante estudiar los puntos geográficos que suelen tener altas velocidades antes de la instalación de estos elementos (Figura 31).

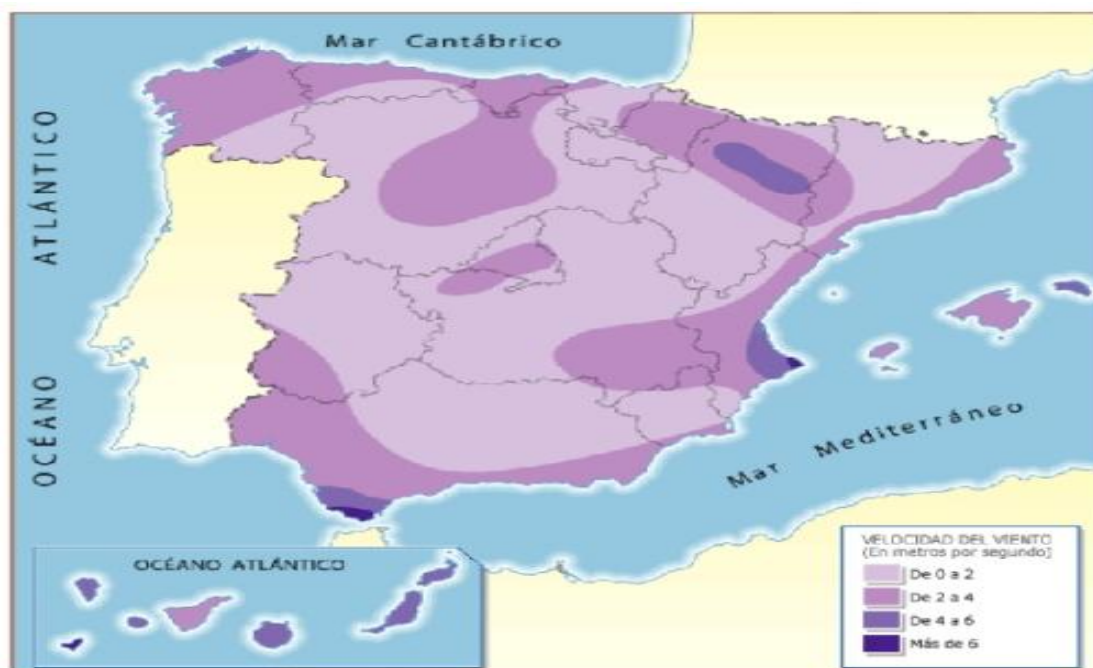


Figura 31. Velocidad del viento en España

Smart Energy

Por ello, podemos encontrar desde grandes superficies con molinos en zonas estratégicas donde el rendimiento sea el máximo, por ejemplo, cerca del mar (Figura 32), hasta medios más sofisticados para ciudades y edificios.



Figura 32. Parque eólico

A nivel del hogar, se puede aprovechar esta energía con la instalación de pequeños generadores, como turbinas capaces de generar desde 500W hasta 20KW de potencia, para satisfacer pequeñas necesidades de consumo como recarga de baterías, bombas de agua o calentamiento de líquidos. En las ciudades también se pueden acoplar turbinas en farolas o postes de modo que el impacto al entorno sea el menor y se pueda aprovechar esta energía (Figuras 33 y 34).

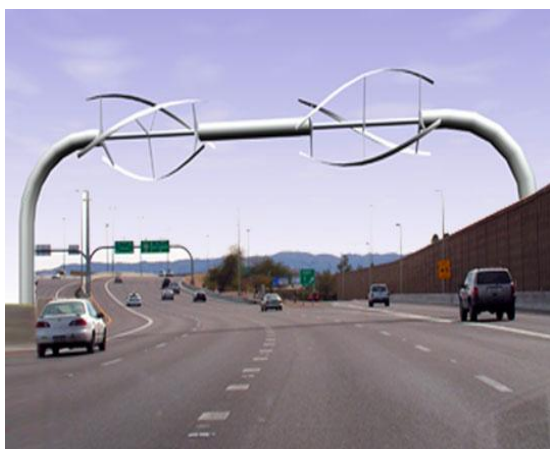


Figura 33. Turbinas en postes de una carretera



Figura 34. Turbinas en postes de una calle (Valladolid)

La instalación de estas tecnologías supone un aporte a la red eléctrica con energía limpia, con la consiguiente reducción de emisiones de gases de CO₂. Todas estas aportaciones deben ser comunicadas a la central para que se tenga en cuenta la demanda que se ha de abastecer tradicionalmente. Además, los sensores que se instalan en las ciudades inteligentes pueden medir las condiciones atmosféricas informando de la velocidad del viento o de la radiación solar, por lo que la central eléctrica puede hacer una aproximación de la energía que pueden aportar las energías renovables.

❖ Vehículo eléctrico

La dificultad de almacenar energía eléctrica es una gran limitación para la red. Durante el día se produce el mayor consumo y, por tanto, se necesita generar gran cantidad de energía mientras que por la noche el consumo es menor y la producción se reduce notablemente (Figura 35). Estas circunstancias conducen en algunos casos a una discriminación de tarifas por franjas horarias para intentar equilibrar el consumo a lo largo del día. Una forma de ajustar esta situación se basa en el uso de acumuladores eléctricos que se recargan por la noche y abastecen al hogar durante el día. Por ejemplo, el vehículo eléctrico puede tomar este papel, llegando así a una relación bidireccional con la red al recibir y emitir energía según las necesidades. Bajo esta idea nacen soluciones tanto V2H (Vehicle to Home) como V2G (Vehicle to Grid). [Ref 1.4]

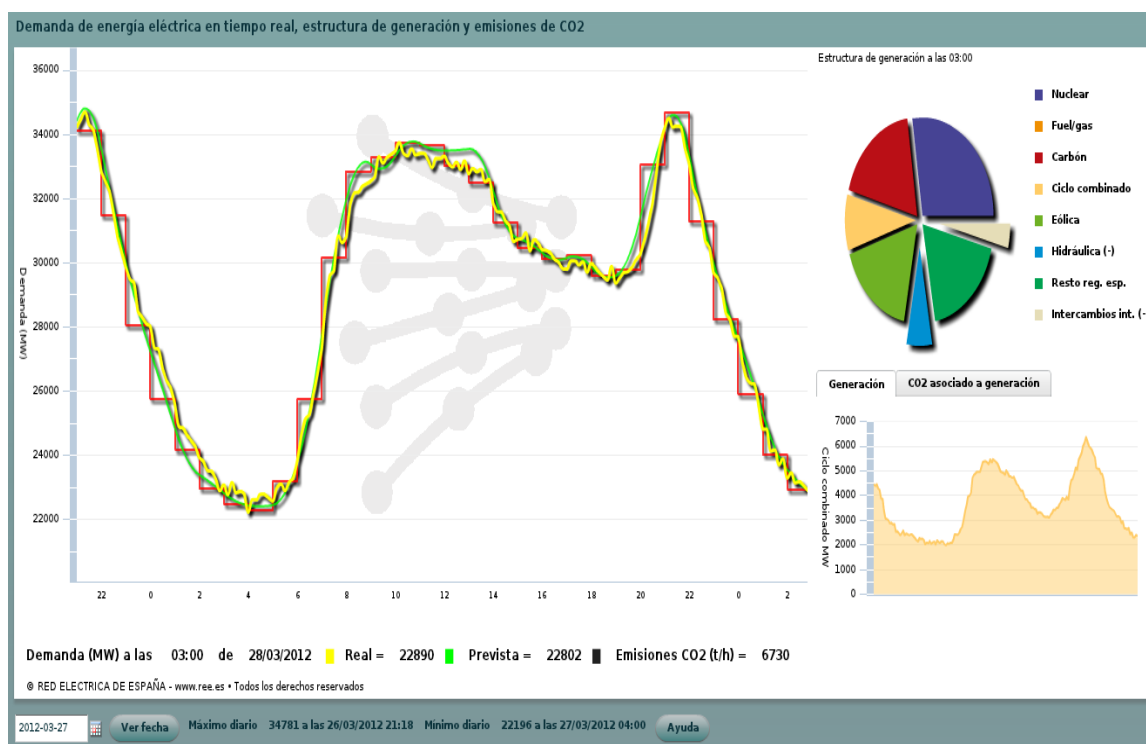


Figura 35. Consumo eléctrico en un día laboral

Smart Energy

Por tanto, otro fenómeno con el que se familiariza la red inteligente es con los vehículos eléctricos los cuales también participan de forma activa en el hogar inteligente, funcionando, como hemos comentado, como acumuladores eléctricos durante la noche. Para el crecimiento de este mercado es necesaria una capilaridad suficiente de la red eléctrica para llegar a todos los puntos de recarga, para lo que es necesaria una readaptación de la infraestructura. Además, es necesario optimizar y asegurar la disponibilidad de energía para cargar los vehículos, por lo que son necesarias nuevas técnicas de planificación de la demanda. [Ref 4.17]

¿Qué beneficios aporta el vehículo eléctrico?



Figura 36. Beneficios del vehículo eléctrico

El vehículo eléctrico es, por tanto, la mejor opción ante la escasez de combustibles fósiles y la contaminación que supone el transporte.

❖ M2M

Todos los elementos de la cadena de producción, distribución, almacenamiento y consumo tienden a estar conectados y actuar así en conjunto para conseguir una red inteligente. Esto implica la implantación del concepto de Internet de las cosas, con lo que cada vez más dispositivos se conectarán para comunicarse entre ellos con sistemas de administración inteligentes. Por este motivo, se incluirán nuevos requerimientos para Internet y para las tecnologías M2M en relación con estos dispositivos. En este proceso, las TIC (Tecnologías de la Información y la comunicación) tomarán un papel crucial.

4.2.Objetivos estratégicos del sector de la distribución de Energía

Los objetivos estratégicos para la mejora de la distribución energética se centran en unos pilares importantes para su rendimiento:

- ❖ Construcción de plataformas energéticas integrales abriendo el mercado para mejorar la innovación y la competencia entre empresas ofreciendo así nuevas oportunidades de negocio.
- ❖ Desarrollo de conceptos para el control de la demanda y, por consiguiente, de la oferta. Por ejemplo, la implantación de incentivos como tarifas dinámicas que se utilizan en los hogares o usuarios de vehículos eléctricos.
- ❖ Aprovechamiento de la flexibilidad de la producción industrial para los escenarios de gestión de la demanda.
- ❖ Habilitación para el control de las centrales eléctricas virtuales transfronterizas, sobre la base de las unidades de generación a través de diferentes países europeos.
- ❖ Implementación de interfaces eficientes y útiles para servicios de energía y plataformas, que permiten servicios de valor añadido y aumentar la competencia al permitir más entornos en el mercado.
- ❖ Uso de tecnologías avanzadas, como procesamiento de eventos complejos o análisis de datos grandes, lo que permite el procesamiento en tiempo real de los datos, proporcionando a las partes interesadas de monitorización y análisis con posibilidades avanzadas.

En muchas ocasiones, el malgasto de energía se debe al desconocimiento por parte de empresas y ciudadanos de qué aplicaciones o tipos de iluminación consumen más. Esto lleva a un derroche gratuito que podría reducirse en gran medida si se proporcionara la información adecuada al alcance de todos para que los usuarios estuvieran más concienciados de cómo ahorrar en su consumo energético. [\[Ref 5.1\]](#)

Si un pequeño dispositivo digital o, incluso en tiempo real a través de la televisión, de un Smartphone, de un ordenador o por medio de redes sociales, se informara del gasto energético que se está haciendo y se dieran los datos necesarios para ahorrarlo, el DEHEMS (Digital Environment

Smart Energy

Home Energy Management System) prevé que se haría un ahorro del 8 % en el consumo energético. [Ref 4.18]

Integrar al usuario es esencial para la implantación de redes energéticas inteligentes, por ello, es importante buscar estrategias que promuevan el interés de las personas para participar de forma activa en ellas. No hacen falta tecnologías complicadas para lograrlo, las tecnologías más sencillas pueden ayudar mucho a reducir el consumo de energía en Europa.

Concienciar a la sociedad es un paso muy importante para fomentar el despliegue y éxito de redes inteligentes, para ello, el apoyo de las telecomunicaciones es una gran ayuda por su integración en todo tipo de personas y edades.

Aplicaciones que comparen el consumo energético de distintas casas de la misma categoría en tiempo real de forma anónima, permiten que los usuarios vean qué tipo de consumidores son, si gastan mucho o poco.

Actualmente las redes sociales están tomando un papel muy importante en la sociedad, por ello, el Internet de las cosas se enfoca también a aplicaciones para estos espacios, de modo que se promueva el desarrollo energético y la eficiencia del consumo. Con este tipo de servicios, se puede despertar el interés de los consumidores, compartiendo sus datos y las ventajas de tener un comportamiento sostenible, comparando con los de sus amigos y así motivar más a los usuarios a participar en esta red inteligente consiguiendo un ahorro energético [Ref 4.19]. Las redes sociales, al igual que la Smart Grid, crecen con la interacción y la comunicación. Debido a estas similitudes, es el medio más adecuado para apoyar esta evolución de la red, por ello, en este ámbito se las designa como “Gridbook”. [Ref 4.20]



Figura 37. OPOWER



Smart Energy

OPower (Figura 37) es la empresa líder en la combinación de las tecnologías de la Smart Grid y los medios de comunicación sociales. Sus servicios se ejecutan en ordenadores y smart phones, creando un perfil de consumo con los datos recibidos por los Smart Meters que ayude a los usuarios a participar y ahorrar en sus facturas. Estas aplicaciones permiten competir a los usuarios para reducir su consumo y expandir la adopción de formas de consumo eficiente al ver la evolución de sus amigos (Figura 38).

Esta perspectiva de tomar el cambio como un juego refuerza la difusión de las nuevas tecnologías por el impulso de competitividad de las personas. De esta forma también se toma conciencia de los impactos reales de las tareas diarias y, al tener más información, se piensa de forma más inteligente. Las comunidades online son la forma más valiosa para compartir esta información y la clave para el éxito de la energía inteligente. [Ref 4.21]

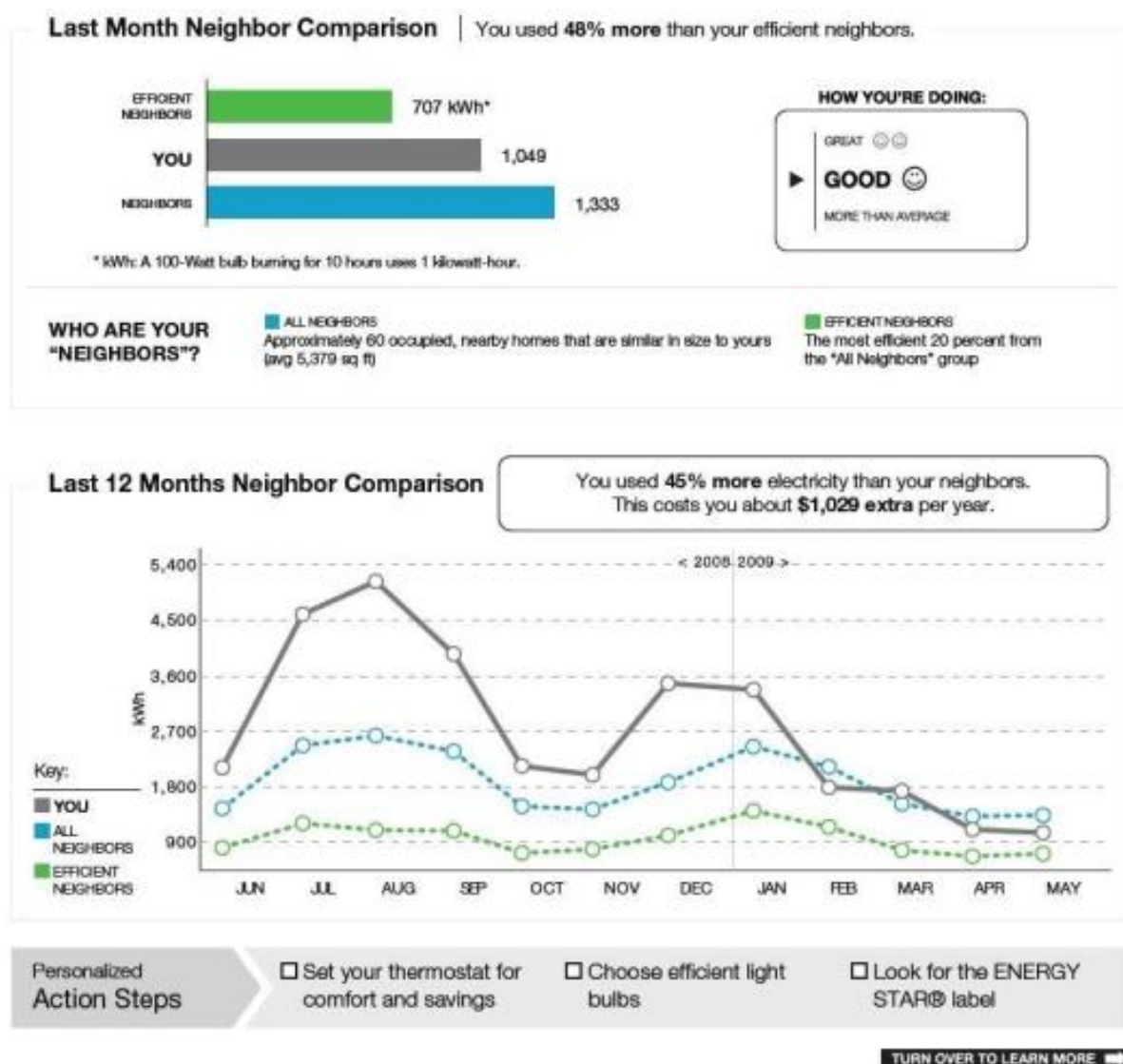


Figura 38. OPower comparación de consumo de usuarios

Smart Energy

Welectricity es uno de los servicios online que ayudan a controlar y reducir en consumo energético. En esta aplicación te puedes registrar desde redes sociales como Facebook o Twitter, crear tu perfil según tu casa para poder comparar con usuarios en condiciones similares, introducir los datos de tus facturas para obtener un gráfico de tu consumo y comparar con tus amigos y fijar unas metas para controlarlo (Figura 39). [Ref 4.22]

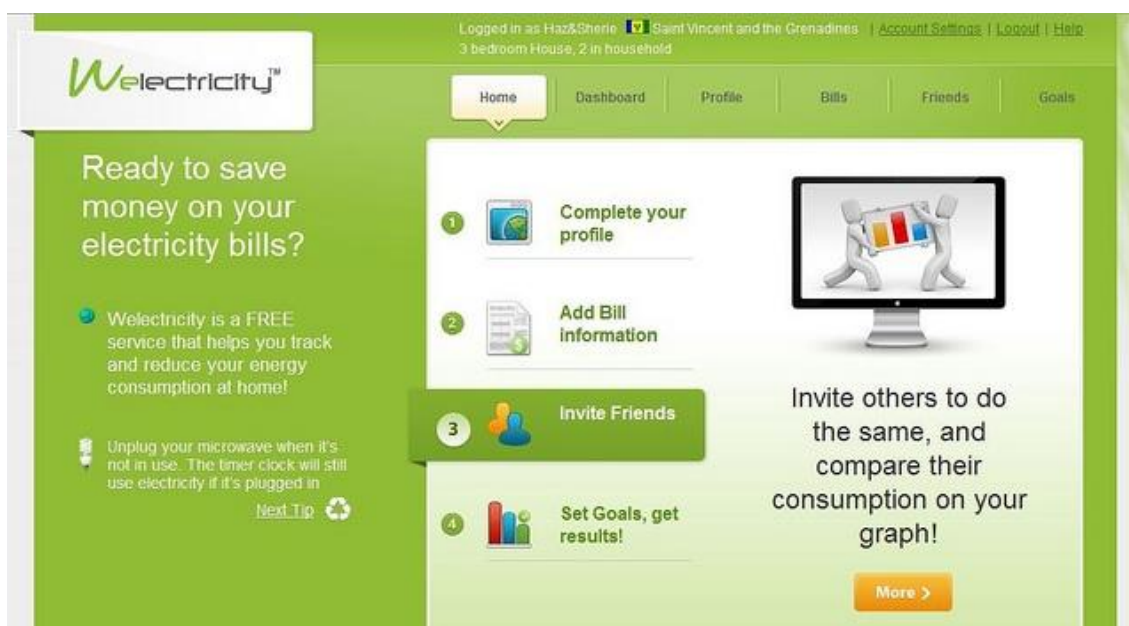


Figura 39. Wenergy

4.3.Algunos ejemplos

Para implantar estas estrategias y dar a conocer las nuevas tecnologías, las administraciones de los países desarrollados promueven distintas iniciativas para potenciar el desarrollo de la integración de redes energéticas inteligentes en el medio plazo, e incluso directrices que obligan a su despliegue en determinados plazos de tiempo.



Figura 40. Solar Decathlon

Solar Decathlon 2012 (Figura 40), por ejemplo, es una competición de arquitectura sostenible europea que se llevó a cabo en la Villa Solar (Madrid) en 2012. En este acontecimiento, Schneider Electric presentó la primera red de distribución inteligente de energía de España. La red gestionaba los 200kW de generación instalados e inyectaba en la red de distribución eléctrica la energía sobrante.

Smart Energy

Las casas de la Villa Solar han producido casi el triple de energía de la que han consumido en los diez días de concurso. Solar Decathlon está abierto al público y funciona como un laboratorio en directo donde los visitantes pueden ver estas tecnologías en acción. [Ref 4.16]

Los objetivos de este tipo de actos son:

❖ Concienciar

Como hemos comentado anteriormente, la concienciación del público sobre el uso de energías renovables, la eficiencia en el uso energético y las tecnologías disponibles para mejorar su consumo es de vital importancia para hacer un uso responsable de la energía.

❖ Fomentar

Fomentar que las tecnologías solares se extiendan más rápidamente en el mercado, aprovechando el interés de los estudiantes en la búsqueda, el desarrollo de las tecnologías de eficiencia energética y la producción de energía, todo ello integrado en viviendas arquitectónicamente atractivas.

❖ Sensibilizar

Sensibilizar a los estudiantes que participan sobre las múltiples ventajas y posibilidades del uso de energías renovables y de construcciones eficientes energéticamente, desafiándolos a pensar de forma diferente en la energía y en cómo ésta afecta a nuestra vida cotidiana.

❖ Demostrar

Demostrar de forma palpable que se pueden construir casas, perfectamente habitables y económicas, sin que la eficiencia energética suponga menoscabo alguno de las prestaciones de la vivienda, ni de su confort.

Otro ejemplo de estas iniciativas que refuerzan la evolución hacia las redes inteligentes y hacia un futuro sostenible es el Proyecto Cities, de la Fundación Metrópoli (Figura 41). Con esta idea se toma como referencia ciudades que están enfocando su crecimiento hacia el equilibrio entre competitividad económica, desarrollo social y sostenibilidad ambiental y cultural, desafiando a los riesgos que esto puede suponer [Ref 4.23].



Figura 41. Fundación Metrópoli



Smart Energy

De esta investigación nace el concepto territorio inteligente, el cual se caracteriza por los siguientes aspectos:

- ❖ Está diseñado por la comunidad basándose en la innovación
- ❖ Es sostenible y responsable con el medioambiente, al mismo tiempo que se compromete con el desarrollo social.
- ❖ Crea ventaja competitiva
- ❖ Cuenta con redes de comunicación con la ciudad.

Este proyecto cuenta, por ahora, con la experiencia de más de 20 ciudades de los 5 continentes que participan en la iniciativa. Esta participación permite compartir las investigaciones realizadas por cada una de ellas comparando los resultados obtenidos para adaptar la metodología de cada territorio a los nuevos retos continuamente, enriqueciendo así el desarrollo urbano.

5. Aplicación del Internet de las cosas (M2M) al sector de la distribución energética

Con los nuevos factores con los que debe contar la red eléctrica y el aumento de su demanda, es necesaria una reorganización para hacer la energía más limpia y eficiente. Hay que encontrar soluciones para incrementar la capacidad de distribución de la red, a lo que se llega incrementando la comunicación bidireccional en ella, desarrollando así una nueva planificación con nuevos criterios.

Un ejemplo de esta necesidad es el continuo crecimiento de las energías renovables, el cual conlleva una fluctuación en la red según el clima. La vulnerabilidad de estas fuentes a las condiciones atmosféricas condiciona la generación de energía, por lo que la red tiene que estar preparada para soportar dichas aportaciones o descensos según lo favorable que sea el clima para las tecnologías. Por tanto, una red inteligente debe ser capaz de comunicarse con los generadores de energía para analizar sus niveles de producción en cada momento y adaptarse a ellos, de modo que se encuentre un equilibrio entre oferta y demanda con estas aportaciones.

5.1. Entornos de evolución

La red eléctrica evoluciona para hacerse inteligente, es decir, la instalación de terminales remotos en puntos clave, que capturan y procesan datos en

Smart Energy

tiempo real, aportan la información necesaria para una gestión más eficiente (Figura 42).

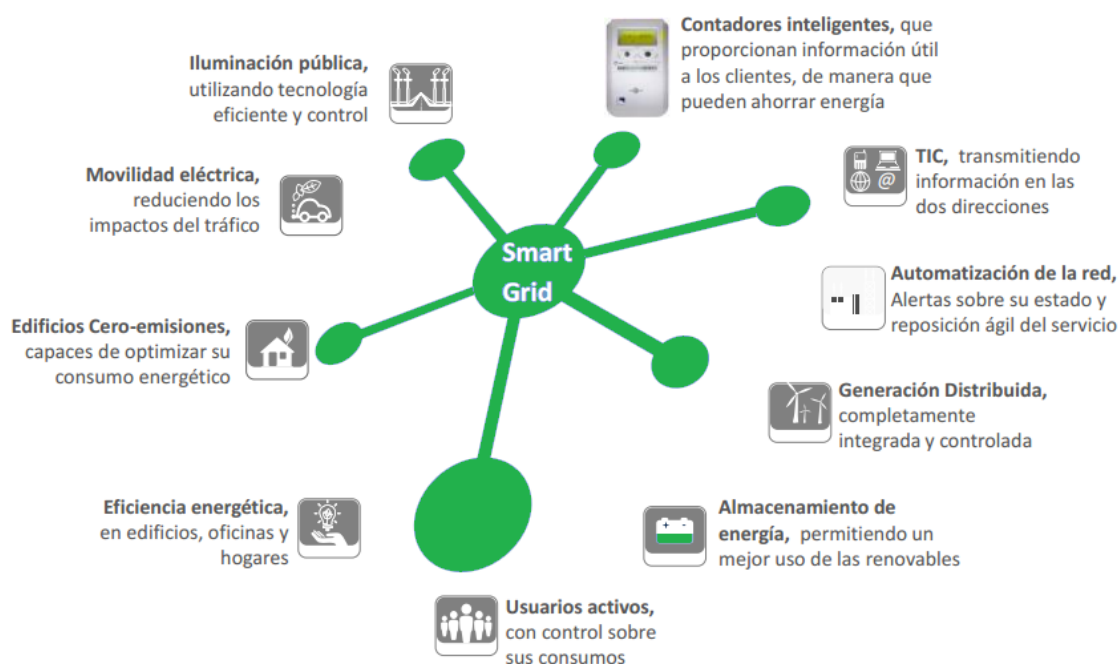


Figura 42. Smart Grid

Esta mejora de la red favorece el equilibrio de producción y consumo de energía y, además, la medición inteligente fomenta el ahorro y la rapidez en otras actividades. Los contadores inteligentes, por ejemplo, envían la lectura automáticamente sin intervención humana. De esta forma, la central eléctrica puede tener un control activo de la red de baja tensión y gestionarla de forma remota y, al mismo tiempo, los usuarios toman un papel activo, como ya se ha indicado, pudiendo aportar energía a la red con el uso de energías renovables o controlando su propio consumo con medidores inteligentes. [Ref 5.1]

A continuación vemos algunos entornos que han sufrido esta evolución:

❖ Smart City

El entorno urbano actual necesita mayor eficiencia, desarrollo sostenible, calidad de vida y gestión de los recursos inteligentes. Las ciudades evolucionan con la ayuda de las TIC, apoyándose en el Internet de las cosas y las tecnologías M2M, ofreciendo servicios interactivos para que los ciudadanos sean más conscientes de ellos y del compromiso de la ciudad con el medioambiente y los elementos culturales. Todo aquello que haya que gestionar o controlar estará conectado, contando con millones de sensores y actuadores, así como con las personas y sus móviles.



Figura 43. Smart City

Las ciudades inteligentes tienen capacidad para medir diversas magnitudes físicas como temperatura, luminosidad o presión atmosférica, a través de sensores distribuidos por toda la ciudad que detectan y comunican cambios para analizar el entorno y poder controlarlo y acondicionarlo de la forma más eficiente. El tratamiento de los datos medibles en tiempo real es muy importante para notificar de altercados por anomalías en los niveles de ruido o polución detectados y poder poner remedio cuanto antes. [Ref 1.3]

Estas nuevas funcionalidades conllevan la transmisión de muchos datos a través de la red eléctrica, para informar tanto a la central como a otros servicios del acondicionamiento necesario para cada situación.

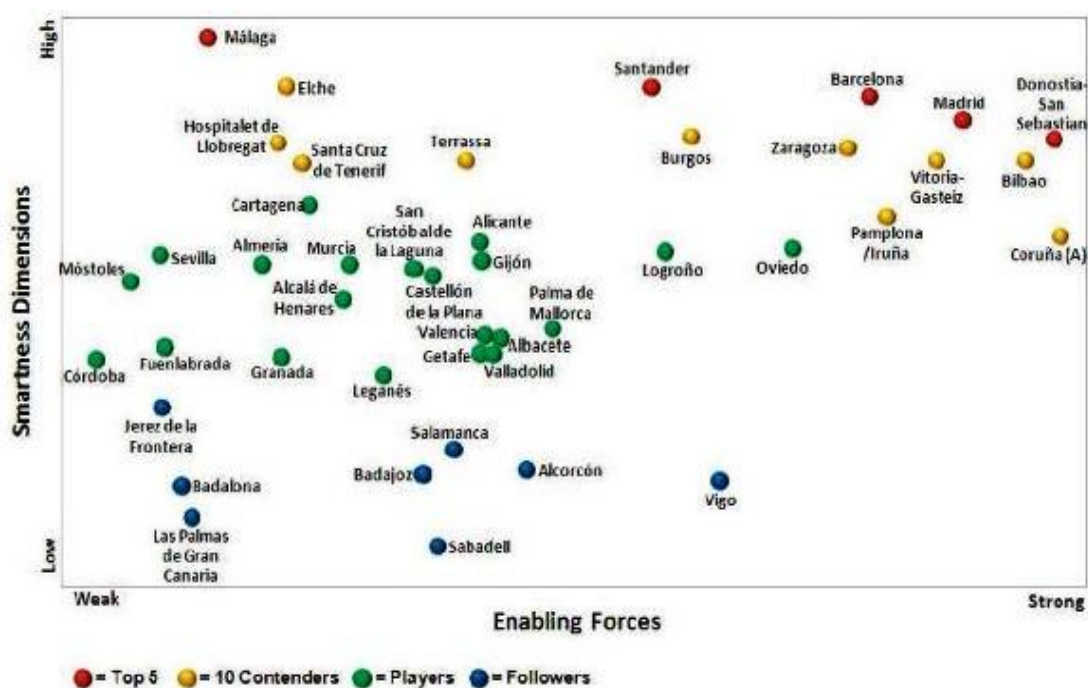


Figura 44. Smart Cities de España

Smart Energy

En España ya se han hecho varias pruebas en diversas ciudades (Figura 44) entre las que destaca Santander. Funcionando desde 2009, esta ciudad cuenta con más de 20.000 dispositivos conectados al Internet de las cosas y está constituida como un laboratorio de experimentación en aplicaciones de este tipo.

❖ Smart Home

Toda esta evolución de la red eléctrica tiene un papel importante en los edificios donde, a parte de fomentarse la instalación de medios de autoabastecimiento como ya hemos comentado anteriormente, se promueve la instalación de “Smart Meter”. Este dispositivo controla la conexión de todos los aparatos de la casa y permite al usuario estar informado de su consumo en cualquier momento del día, semana, mes o año, ya que se comunica directamente con el suministrador eléctrico y le permite ver la forma más eficiente de hacer funcionar su casa en cuanto al consumo energético (Figura 45). De esta forma, el usuario puede reducir sus facturas de acuerdo al seguimiento de su consumo. Además, las compañías eléctricas serán más eficientes al tener la capacidad de generar la cantidad de energía necesaria.

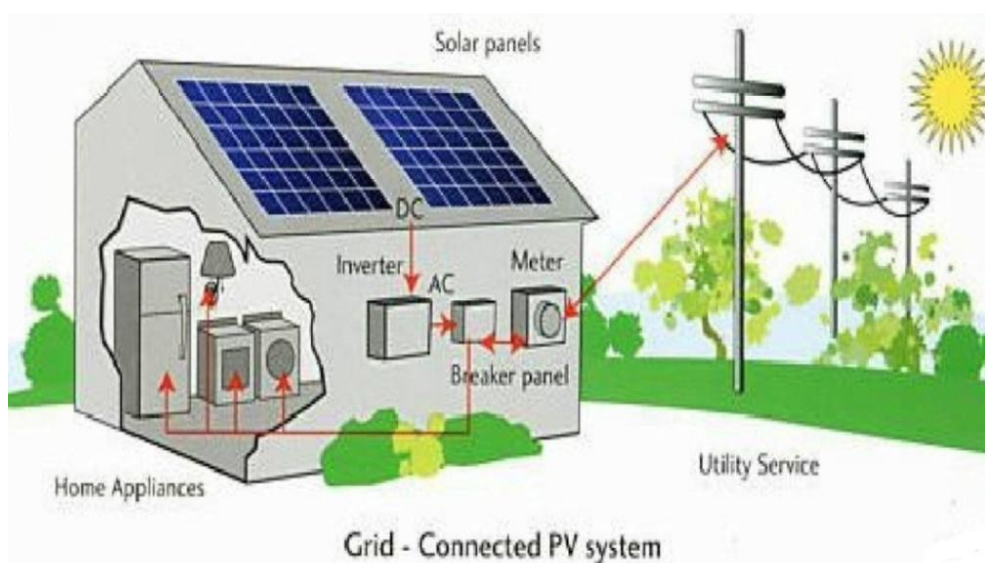


Figura 45. Smart Home (Hogar Inteligente)

Los contadores tradicionales eran de visión y control manual por un operario de la compañía eléctrica y solían estar en lugares de difícil acceso por lo que debía entrar en el interior del recinto para tomar nota. Si no vivía nadie o no estaban en la casa, se traducían en errores en la lectura por aproximaciones. Además, los fraudes en los contadores eran bastante frecuentes en algunas zonas residenciales. Todo esto cambia con la instalación de los contadores inteligentes.

Smart Energy

Como hemos comentado anteriormente, las redes sociales pueden acelerar la evolución de la red en gran medida vinculándose con los Smart Meter y compartiendo información con otros usuarios para incentivar los objetivos de ahorro energético.

Los Smart Meter pueden funcionar de distintas formas para transmitir los datos a la central. Algunos disponen de una SIM integrada, al igual que los teléfonos móviles, y otros por transmisión radio, aunque esta última forma tiene bastante controversia en algunos países, como Estados Unidos, donde las personas se preocupan por la radiación que puedan emitir [Ref 5.2].

En España, sin embargo, la tecnología PLC será la utilizada para la transmisión de datos de modo que la red eléctrica será la base para desplegar la AMR (Automatic Meter Reading) (Figura 46) [Ref 5.3].

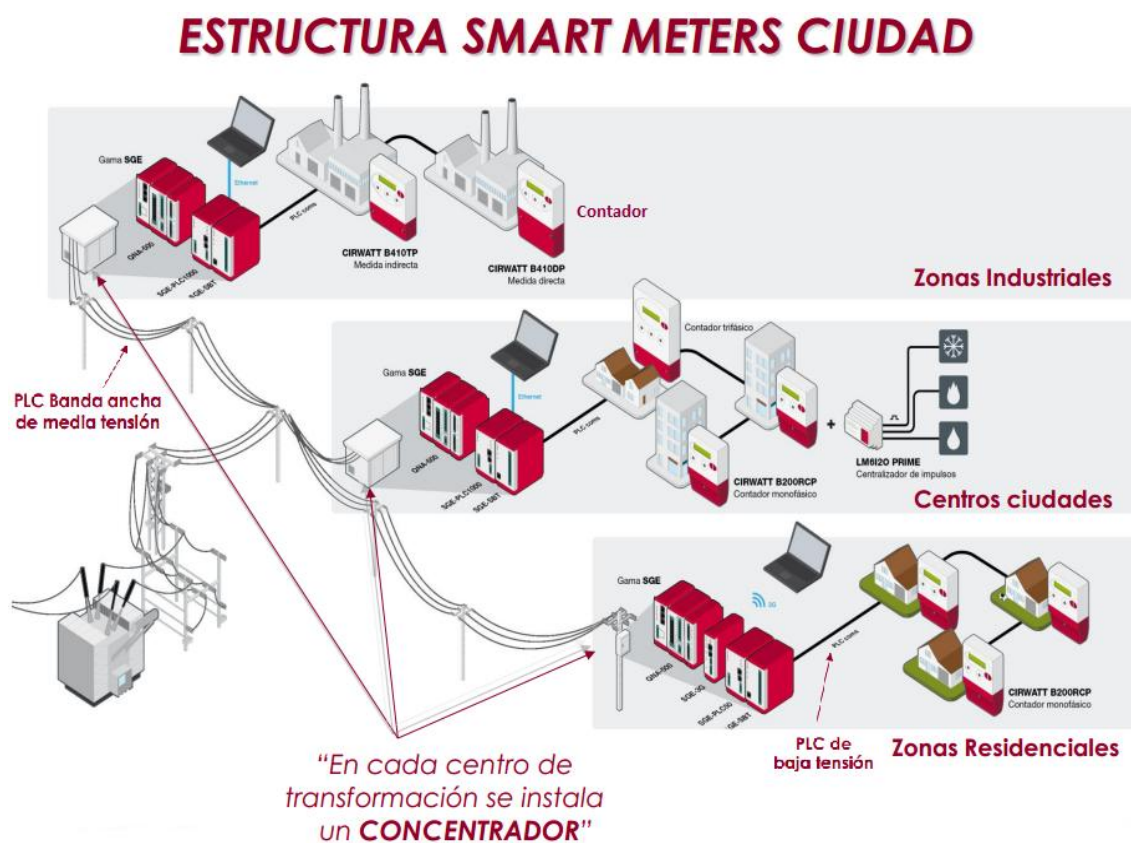


Figura 46. Estructura AMR

Distintos proveedores están distribuyendo estos dispositivos. Por ejemplo, Orbis ofrece medidores inteligentes con capacidad de comunicación PLC basando su telegestión en protocolo DLMS sobre PRIME, de lo que hablaremos más adelante. Este protocolo, con una estructura orientada a objeto, simplifica la comunicación asociada a la medida con dispositivos de

Smart Energy

distintos fabricantes. Por otro lado, Circuitor es otra empresa que provee elementos PRIME, por su interoperabilidad con equipos de otros usuarios, dedicándose a las distintas necesidades de la telemedida (Figura 47): [Ref 5.4]

- ❖ AMR (Automatic Meter Reading): lectura remota de los contadores.
- ❖ AMM (Automatic Meter Management): gestión remota de los contadores.
- ❖ AMI (Automatic Meter Infrastructure): gestión remota de la información de los contadores.

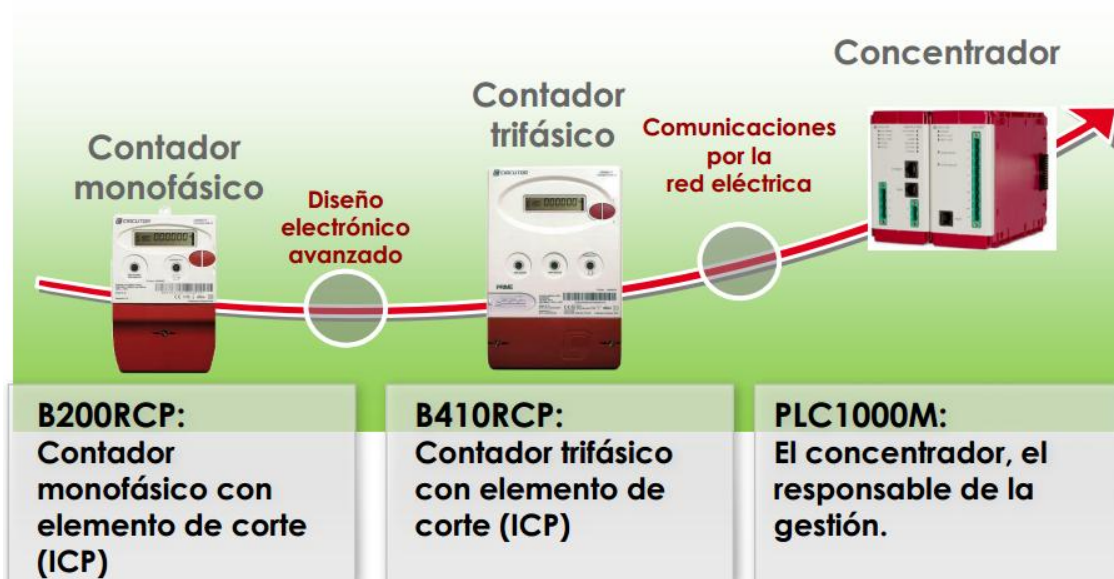


Figura 47. Medidores Inteligentes

5.2.Mejores prácticas para el Sector Energético en 2020

Para el año 2020, la Unión Europea ha establecido unas políticas energéticas para incrementar la penetración de energías renovables hasta un 20% con respecto al consumo final bruto de energía, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% con respecto a las de 1990 y conseguir un ahorro en el consumo de energía del 20% [Ref 6.6].

Entre las medidas a adoptar para mejorar la eficiencia energética encontramos mecanismos de apoyo y mecanismos de formación, comunicación e información. Con los primeros se buscan nuevas tecnologías que se adapten al objetivo de crear una red inteligente, por ejemplo las comunicaciones a través de la red eléctrica por PLC o el intercambio de información entre dispositivos inteligentes como los Smart Meter (M2M). Con los segundos se busca incentivar a los usuarios a participar en esta evolución de forma activa enseñándoles las posibilidades que esto ofrece.



Smart Energy

Además de estos mecanismos, también son necesarias actuaciones para impulsar y dinamizar el mercado energético. En este punto son importantes la introducción del vehículo eléctrico, las energías renovables o la cogeneración.

Estas medidas se toman en distintos ámbitos para que la evolución de la red eléctrica sea homogénea en todos los sectores. Cada entorno se desarrolla con unas características y unas tecnologías propias para su eficiencia. Estos ámbitos son:

- ❖ Transporte y movilidad: donde se introduce el vehículo eléctrico y se promueve la instalación de puntos de carga para favorecer el ahorro en petróleo.
- ❖ Edificación: se promueve la instalación de energías renovables en edificios, siendo obligatorio en las nuevas construcciones, y de microgeneración para hacer que los edificios sean autosuficientes e, incluso, aporten energía a la red.
- ❖ Consumo eléctrico: se instalan medidores inteligentes en los hogares para que los usuarios puedan seguir su consumo y compartirlo por medio de aplicaciones y redes sociales para comparar con hogares con condiciones similares y con sus amigos.

La coordinación del mercado energético debe llevarse a cabo para ofrecer nuevas soluciones tecnológicas ya que los edificios sólo son eficientes si se gestionan correctamente, a pesar de instalar las últimas tecnologías. Más adelante, exponemos un plan energético para lograr estos objetivos.

6. Evolución del Sector de la distribución eléctrica en España y su transformación mediante los conceptos de Smart Energy

El sector de la distribución eléctrica en España va evolucionando poco a poco hacia el concepto de Smart Grid. Con esto se pretende reducir el consumo energético haciendo un uso más eficiente y conseguir así al mismo tiempo un ahorro económico y, a nivel medioambiental, una reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para contribuir al cumplimiento del protocolo de Kyoto [Ref 6.10].

Además, esta evolución dará lugar a nuevas actividades económicas y empleos. El IDEA (Innovación y Desarrollo de Andalucía), en su Plan Nacional de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020 ha realizado una estimación de estos dos tipos de beneficios económicos para España.

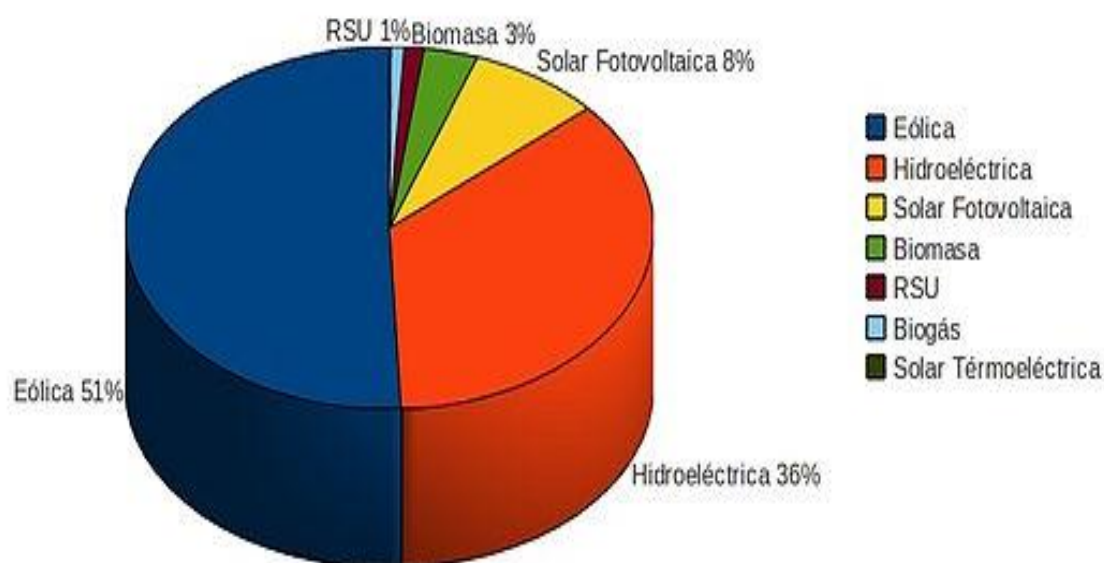


Figura 48. Contribución de cada energía renovable a la red eléctrica española

España es el país más alejado del cumplimiento del Protocolo de Kioto de entre los países europeos. Si bien se comprometió para 2012 a aumentar sólo un 15% sus emisiones de 1990, el incremento que recoge el Ministerio de Medio Ambiente en 2007 es de un 48%. Por ello, se han impulsado fuertemente las energías renovables en los últimos años, lo que le ha dado un puesto entre las cinco naciones principales en inversión para energías renovables a nivel internacional. El Plan de Fomento de las Energías Renovables (2000-2010) consiguió sus objetivos con un porcentaje de energía de origen renovable superior al 30% en los años 2010 y 2011. Además, España fue el primer país en requerir la instalación de placas solares en edificios nuevos, y rehabilitados, y el segundo en requerir la instalación de colectores solares térmicos para obtener agua caliente solar, promovido por el Plan de Energías Renovables a través del Código Técnico de Edificación (CTE).

En algunas tecnologías, como en la eólica, se ha desarrollado un sector industrial líder a nivel internacional. Con este tipo de energía se generó en 2008 un 11% de la electricidad consumida en España. Se espera que en los próximos años tecnologías como la biomasa, la geotérmica o la solar termoeléctrica puedan contribuir también de manera importante a reducir nuestra dependencia de importaciones energéticas.

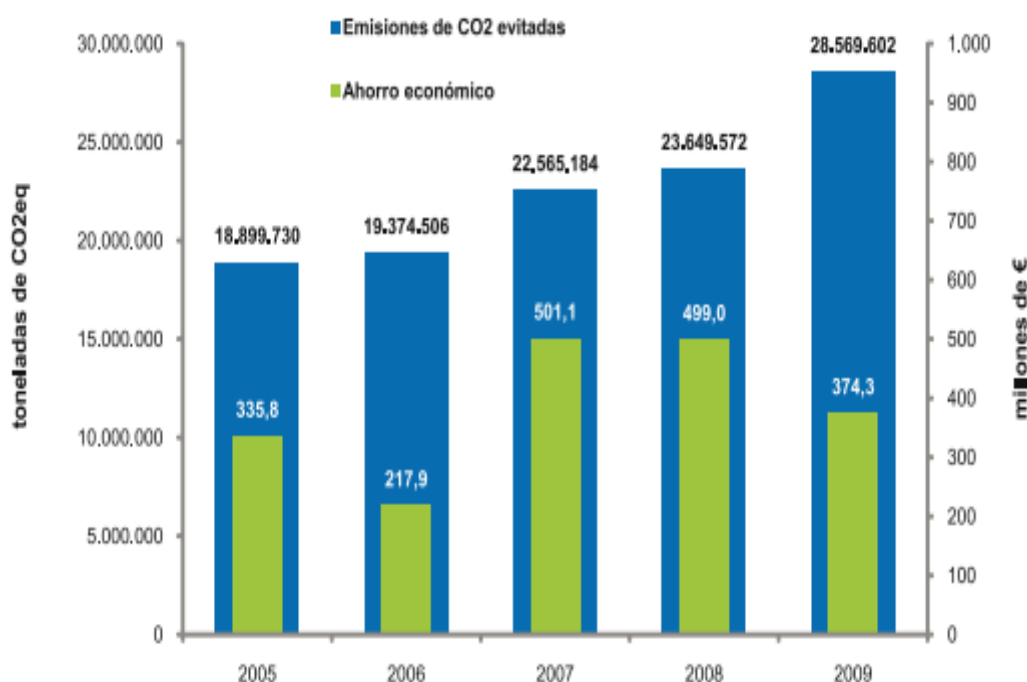


Figura 49. Evolución de las emisiones de CO2 evitadas por energías renovables

A nivel autonómico, Castilla-La Mancha, Castilla y León y Galicia, son las comunidades con la mayor penetración de energías renovables aunque en distintas ciudades españolas se llevan a cabo proyectos para aprovechar la energía. Por ejemplo, en Madrid se mostró una prueba de las baldosas ecológicas, fabricadas con materiales reciclados, que recogen la energía cinética de las pisadas y la convierten en electricidad que almacenan en baterías. Además, en Sevilla y Málaga, se está llevando a cabo el proyecto “Ferrolineras” con el que se quiere aprovechar la energía de la frenada de los trenes.

La cogeneración también tiene implicaciones positivas y redujo en más de 13 millones de toneladas de CO2 las emisiones de España en 2009 (3,2% de las emisiones nacionales), gracias a la producción térmica de electricidad más eficiente (30% más eficiente en la generación de electricidad convencional).

Asimismo, el mercado del vehículo eléctrico está en crecimiento en el país. En España se estima que el 15% de los vehículos serán eléctricos en el 2020 y el 50% en el 2030. Actualmente, por cada coche eléctrico que se matricula, se matriculan 2,6 motos eléctricas.

También se ha impulsado la instalación de puntos de carga, llegando a 500 puntos en 2011 dentro del proyecto Movele (Figura 50). [Ref 6.7]



Figura 50. Puntos de recarga en España

La circulación por carretera representa el 83% del consumo energético del total del sector de transportes y el 85% de las emisiones de CO₂ por lo que los vehículos eléctricos parecen ser la opción más adecuada, habiéndose hecho varios estudios e ido evolucionando en el ámbito.

Estas iniciativas han propulsado la evolución de la red fijándose hitos para conseguir eficacia en el consumo energético del país.

En el año 2008, se publicó el Real Decreto 809/2006 en España que fija el 2018 como el año en que los contadores inteligentes, smart meter, deberán haber sustituido a todos los contadores tradicionales, de manera que, antes de final de 2010, queden remplazados el 30% del total de equipos de medida, antes de final de 2012 el 50% de contadores, y entre 2013 y 2015 un 20% adicional. Sin embargo, estas cifras no se están consiguiendo ya que en el 2010 sólo se habían sustituido un 1,4% de los contadores. En este ámbito también se están llevando a cabo proyectos para desplegar la medida inteligente, buscando soluciones para realizar medidas automáticas.



Figura 51. Cuadro de mando del usuario final

En España, la empresa Eon comenzó en 2004 la primera experiencia de despliegue de la compañía de smart metering, concretamente en Torrelavega (Cantabria), donde se instalaron 950 contadores inteligentes. [Ref 6.4]

También Endesa aplicará el sistema de smart metering llamado “Meters and more”, un protocolo de comunicación abierto para soluciones de medida automáticas. Endesa está desplegando ya contadores inteligentes en Málaga en el proyecto Málaga Smart City desde mediados de 2010. Para el período 2012-2018 espera tener desplegados un total de 13 millones de equipos de medida adaptados a los nuevos requerimientos. [Ref 6.5]

Otra iniciativa la ha llevado a cabo Schneider Electric que ha mostrado estos conceptos en la primera red de distribución inteligente de energía de España, prestando servicio a la villa solar en Solar Decathlon 2012, antes mencionada.

6.1. Plan estratégico para el sector a 2020

Tras este análisis de la red eléctrica actual y su posible evolución tecnológica hacia una red inteligente, procedemos a proponer un plan estratégico para fomentar su despliegue en nuestro país en los próximos años, hasta llegar a una situación objetivo en 2020. Para ello, enfocamos el problema desde distintos ámbitos analizando las mejoras que se pueden integrar en cada



Smart Energy

uno de ellos y las facilidades que aportarán al día a día de los usuarios y del consumo energético.

Realizar una planificación del suministro energético del futuro significa definir unas soluciones óptimas de compromiso entre la fiabilidad, la sostenibilidad y los costes en función de las necesidades y las condiciones externas. Los objetivos de esta planificación son:

- ❖ Aumento de la eficiencia eléctrica en edificios residenciales e industriales,
- ❖ Desarrollo de un nuevo mercado energético en el que el usuario es activo,
- ❖ Construcción de una red eléctrica sin fronteras,
- ❖ Uso del vehículo eléctrico como apoyo a la demanda

Con estas pautas, los proveedores de energía serán un eslabón más en la red, lo que permite mejorar el equilibrio de generación y demanda a través de las comunicaciones.

Para simplificar y hacer más eficiente la planificación, dividiremos el plan en paquetes de trabajo para cada área de acuerdo con lo visto anteriormente.

❖ Microgeneración

La microgeneración supone varios problemas para la red eléctrica tradicional. Uno de ellos es la variación en el nivel de energía generada por las energías renovables, el cual dificulta mucho a los proveedores de electricidad mantener la estabilidad de la red.

Además, la red eléctrica pasa de ser unidireccional a ser bidireccional al aumentar el número de usuarios que instalan fuentes de energía en sus propiedades. Esto lleva a la necesidad de instalar sistemas de control y administración en el lado del usuario y en la red para operar con una nueva arquitectura a nivel de distribución.

Los contadores y puntos inteligentes de la red son capaces de medir la energía que consumen los edificios y valorar si es suficiente con la que tienen almacenada, si es necesario suministrar más energía o si, por el contrario, ofrecen energía a la red para compartirla con otros usuarios, lo cual favorece su carácter activo, además de colaborar con la red en la distribución energética, asumiendo unas pérdidas menores en este proceso

que con el modelo tradicional, en el que se tienen que cubrir grandes distancias.

La principal fuente que se espera explotar es la energía eólica, que para 2020 se estima que aportará el 22% de la energía consumida, reduciéndose las energías con origen nuclear, carbón, petróleo, gas natural o hidroeléctrico. El 42% de la energía total consumida será de origen renovable (Figura 52). [Ref 6.8]

2020

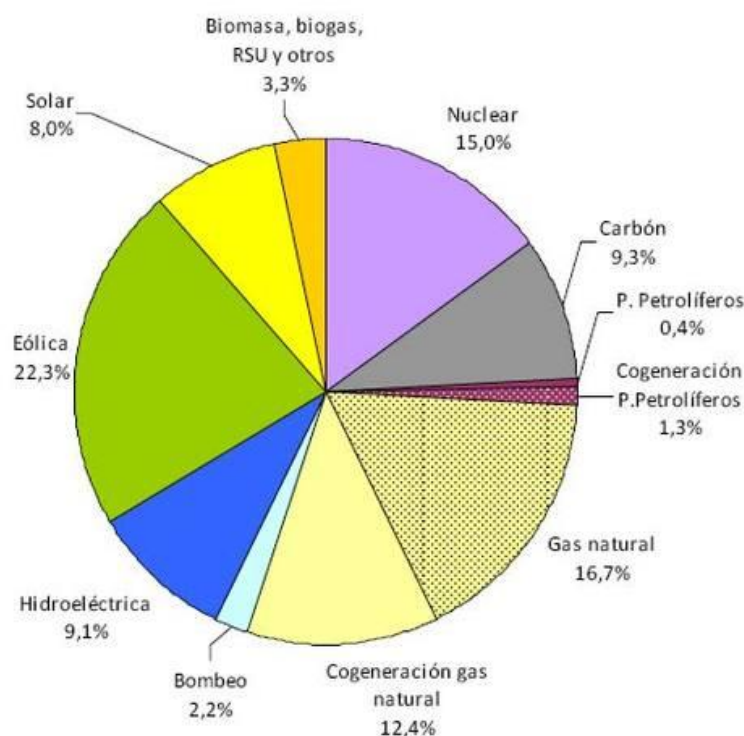


Figura 52. Uso de energías propuesto para 2020

❖ Cogeneración

Al igual que la microgeneración, la cogeneración supone variaciones de potencia en la red eléctrica, que dificultan su estabilidad, y la inserción del usuario como parte activa del proceso.

❖ Vehículos eléctricos

La evolución del transporte hacia la alimentación por baterías implica una nueva demanda a la red para lo que se requieren nuevas técnicas de distribución, al necesitar mayor capilaridad, combinado con transmisión de información en tiempo real para optimizar y asegurar la disponibilidad para cargar los vehículos.

❖ Redes de Comunicación

Son las infraestructuras esenciales para permitir la comunicación entre dispositivos (M2M), entre personas, y entre personas con dispositivos. El aumento del número de usuarios y dispositivos conectados a la red es el principal reto para la evolución de la energía inteligente (Figura 53). La transmisión de datos a centrales donde se interpreten las medidas de los distintos dispositivos es esencial para el correcto funcionamiento de las aplicaciones y el cumplimiento de su finalidad.



Figura 53. Crecimiento conexiones M2M

Este intercambio de información se realizará, como hemos comentado, mediante la tecnología PLC. Las características de la transmisión de dispositivos dependen de las características de los fabricantes en relación con la capa MAC, los efectos de distorsión de la señal, los mecanismos de detección y corrección de errores, las técnicas de modulación y codificación y de calidad de servicio (QoS). Generalmente, los modem PLC soportan varias técnicas de comunicación, incluyendo OFDM (PRIME/G3 y FlexOFDM) y SFSK.

PRIME es una arquitectura de telecomunicaciones que establece estándares para dar interoperabilidad entre dispositivos y soportar las funcionalidades AMM para desarrollar redes inteligentes. Incluye técnicas de modulación y codificación, protocolos, formato de datos, etc. [Ref 6.3] Para ello se centra en tres aspectos:

- **Convergencia entre capas:** clasifica el tráfico de acuerdo con su conexión MAC.



- **Capa MAC:** proporciona funcionalidades básicas MAC de acceso al sistema, la asignación de ancho de banda, gestión de la conexión y la resolución de topología. Se define para un entorno de maestro-esclavo orientado a conexión y optimizado para entornos de línea de potencia de baja tensión.
- **Capa Física:** transmite y recibe PDUs MAC entre nodos vecinos utilizando multiplexación OFDM llegando a alcanzar una tasa de 130 kps.

❖ Aparatos inteligentes

El número de aparatos electrónicos en el hogar ha aumentado mucho, cambiando así drásticamente el consumo energético, sin embargo, la evolución de estos dispositivos también ha hecho que su impacto sea algo menor al contar con programas inteligentes que recogen datos del entorno y de su funcionalidad para aprovechar mejor la energía en sus funciones. Por ejemplo, los aires acondicionados mantienen la temperatura del hogar adaptando su nivel de consumo al requerido para llegar al clima deseado. De este modo, al principio el consumo es mayor hasta llegar al nivel deseado donde lo reducen para mantener la temperatura.

Los Smartphone son los dispositivos protagonistas en toda la evolución de la red eléctrica ya que colaboran en la captura de datos en los distintos ámbitos e integran a los usuarios en el proceso. A medida que este interés crezca, se irán desarrollando más aplicaciones.

6.2. Tecnologías y su implantación

Abordamos el plan estratégico siguiendo varios proyectos paralelos que se irán llevando a cabo para evolucionar la red eléctrica. Tendremos en cuenta la situación objetivo en términos de producción, distribución y control del consumo final en el año 2020 utilizando las tecnologías que hemos introducido.

El objetivo de esta planificación del sistema eléctrico es desarrollar un modelo estratégico para la introducción de las telecomunicaciones de forma que el consumo energético sea más eficiente, sin reducir la actividad, incluyendo las nuevas tecnologías que tenemos hoy en día y las que se prevén que se van a expandir en los próximos años. Con esto se pretende reducir en un 20% el consumo eléctrico actual para 2020, como recomienda la Unión Europea en el marco de Estrategia Europea 2020.

Las medidas se centran en el transporte y en los edificios, donde el ahorro del consumo puede ser mayor. Estas medidas dan beneficios substanciales en hogares, negocios y edificios públicos, donde se debe transformar la vida diaria y generar ahorros de hasta 1000€ por hogar al año. Además, se incrementa la competitividad de empresas con lo que la creación de empleo aumentaría hasta una estimación de 2 millones de nuevos empleos.

❖ Edificios:

Este plan implica la renovación de edificios, públicos y privados, para mejorar la eficiencia energética de los aparatos utilizados en ellos. Los objetivos en este sector son:

- No tener requerimientos energéticos ni emisiones de carbono en los edificios nuevos en el año 2015. Para esto, los edificios que se construyan desde 2014 deben tener la obligación de cumplir este requisito.
- Reformar los edificios existentes para conseguir el menor consumo de energía. Esto podría incluir la introducción de materiales aislantes en instalaciones, ventanas y tejados. Otras medidas incluyen la introducción de los smart meters (que animan a los consumidores a controlar mejor su consumo).

Estas pautas se deben seguir tanto en el sector privado como en el público, a continuación exponemos cómo debería ser esta inversión:

➤ Sector público:

La introducción de edificios inteligentes en el sector público favorecería una penetración mayor del mercado y el desarrollo de habilidades y conocimientos del tema. Algunas pautas a seguir por estos edificios son:

- Las autoridades públicas deben renovar al menos el 3% de sus edificios cada año, el doble de la tasa de actualización real, al nivel de los mejores del 10% de la población nacional de construcción.
- Cuando los organismos públicos alquilen o compren edificios existentes, estos deben ser de la mejor clase de eficiencia energética disponible.
- Deberán aplicarse los estándares de eficiencia energética por parte de las autoridades de adquisición de bienes públicos (como elementos de



oficina), servicios (como energía y mantenimiento) y obras (como rehabilitación de edificios).

➤ **Sector privado:**

- Se deben adoptar medidas para repartir los costes de renovación entre el inquilino y el propietario, en caso de edificios o apartamentos de alquiler.

❖ **Compañías Eléctricas:**

Las compañías eléctricas tienen que permitir a los consumidores reducir su consumo energético hasta un nivel predefinido. Para ello:

- Se debe apoyar la incorporación de empresas de servicios energéticos para renovar edificios asumiendo los costes y obtener los beneficios mediante la recepción de la diferencia entre los costos de la energía antes y después de la renovación por un período definido.
- Instalación de aplicaciones innovadoras y rentables para la calefacción y refrigeración de edificios basándose en sistemas renovables que utilicen energía de biomasa, solar o geotérmica con tecnologías de distribución y almacenamiento avanzadas.
- Renovar la red eléctrica para que permita generación renovable, carga de vehículos eléctricos, almacenamiento y equilibrio entre oferta y demanda.
- Introducción de medición inteligente y sistemas de gestión del consumo en los edificios.
- Fomentar la producción de electricidad a nivel local, con energías fotovoltaicas y eólicas principalmente.

❖ **Transporte:**

- Introducir comunicaciones en el transporte permitirá el despliegue de sistemas inteligentes para gestión de tráfico de modo que se evite la congestión, venta de billetes para transporte público y otras aplicaciones que beneficiarán a los usuarios y harán transportes más seguros y prácticos.
- El fomento del transporte sostenible permitirá reducir las emisiones de carbono así como funcionar como almacenador de energía en los hogares.

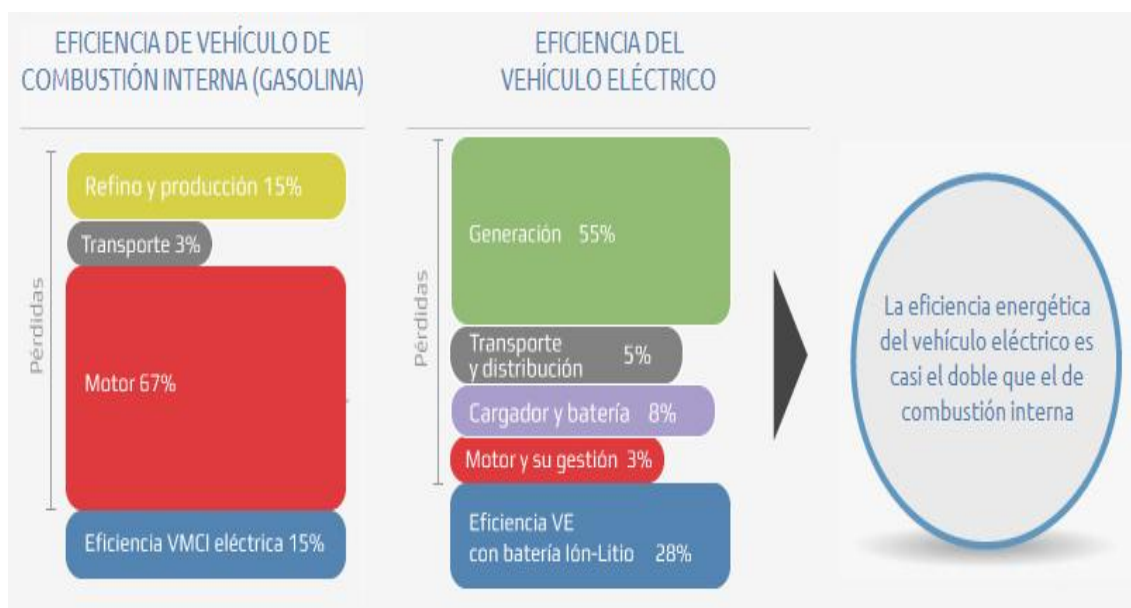


Figura 54. Comparativa eficiencia energética en vehículos

- En 2020, el 15% de los vehículos serán eléctricos. Como primer paso para este objetivo, la Estrategia Integral de Impulso del Vehículo Eléctrico en España marca como objetivo facilitar la introducción de vehículos eléctricos hasta conseguir 250.000 unidades en 2014. Para ello ofrecen descuentos como la exención del impuesto de matriculación. [Ref 6.9]

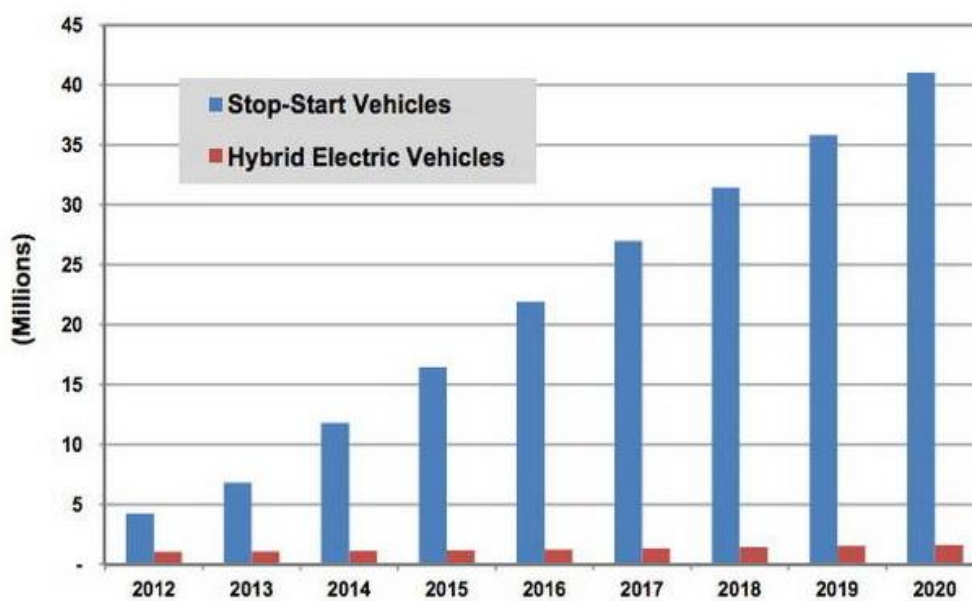


Figura 55. Venta de vehículos start-stop y eléctricos híbridos estimada para 2020

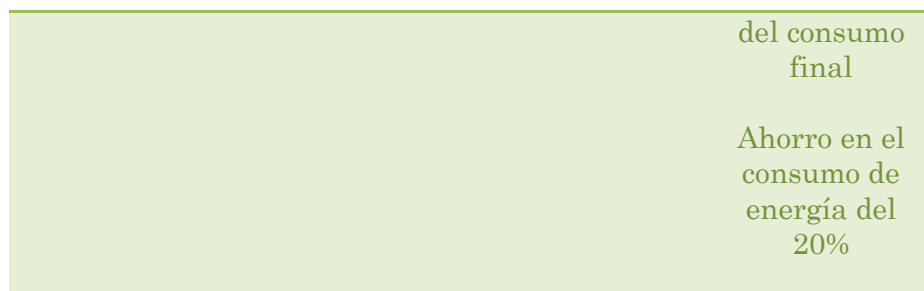
6.3.Hoja de ruta

Tras este análisis de la situación objetivo para 2020 y el plan estratégico para conseguirlo, a continuación, procedemos a realizar una hoja de ruta para mejorar la eficiencia del consumo energético en España con la extensión de la red eléctrica inteligente, basada en comunicaciones, y la instalación de todo lo que ello conlleva.

En el calendario que presentamos a continuación podemos ver los objetivos parciales que se han de ir siguiendo para llegar a un uso eficiente de la energía basado en las telecomunicaciones.

Tabla 1. Hoja de ruta

Año	Edificios	Transporte	Compañías eléctricas
2014	Nuevas construcciones no pueden tener requerimientos energéticos	250.000 unidades eléctricas	
	Renovar 3% de los edificios públicos cada año		
2015	Los nuevos edificios no pueden tener requerimientos energéticos		70% de los contadores sustituidos por smart meter
2016			
2017			
2018			100% de los contadores sustituidos por smart meter
2019			
2020		15% de vehículos eléctricos	Penetración energías renovables hasta un 20%



Conclusión

Como hemos visto desde distintas perspectivas, la evolución de la red eléctrica es necesaria para que la sociedad pueda seguir avanzando. Esto será posible gracias a la convergencia de infraestructuras de energía y telecomunicaciones.

El aumento de las tecnologías y la instalación de energías renovables requieren una replanificación de la red eléctrica apoyándose fundamentalmente en las comunicaciones, siendo la forma más sencilla la transmisión de datos por esta misma red utilizando PLC.

Los cambios que se presentan en esta planificación afectan directamente a los usuarios ofreciendo grandes ventajas abordando algunas necesidades como:

- Precios razonables y previsibles de electricidad, preferiblemente con fuentes renovables.
- Uso eficiente de la energía, tanto en lugares públicos como privados.
- Uso de servicios y aplicaciones nuevos que facilitan y hacen más sostenible en consumo energético.
- Fácil instalación de un generador de energía renovable a pequeña escala propio, dando la oportunidad de comprar y vender energía.
- Opción de tener zonas autosuficientes, sin conexión permanente a la central energética.
- Confidencialidad y seguridad en la información del sistema de energía.
- Reducción de las emisiones de gases de invernadero.

Este nuevo modelo de energía conlleva la aparición de un negocio que necesita un marco regulador para favorecer la inversión en el sector energético y la emergencia de nuevos mercados. Este proyecto proporciona información para el desarrollo de dicha política de regulación.

Presupuesto

La planificación para el desarrollo de una plataforma de telecomunicaciones sobre la red eléctrica para mejorar la eficiencia de esta requiere una jerarquía de responsabilidades que se definen en tres roles:

- ❖ Jefe de proyecto: responsable de la organización del proyecto.
- ❖ Analista senior: responsable de la toma de decisiones del proyecto y seguimiento de su desarrollo.
- ❖ Analista junior: responsable de llevar a cabo las decisiones del Analista senior.

Para la realización de la planificación es necesario recopilar información sobre el tema y utilizar recursos como material informático y de oficina. A continuación se presenta un presupuesto del coste que esto implicaría suponiendo un periodo de realización de 4 meses (80 días laborables).

Tabla 2. Presupuesto

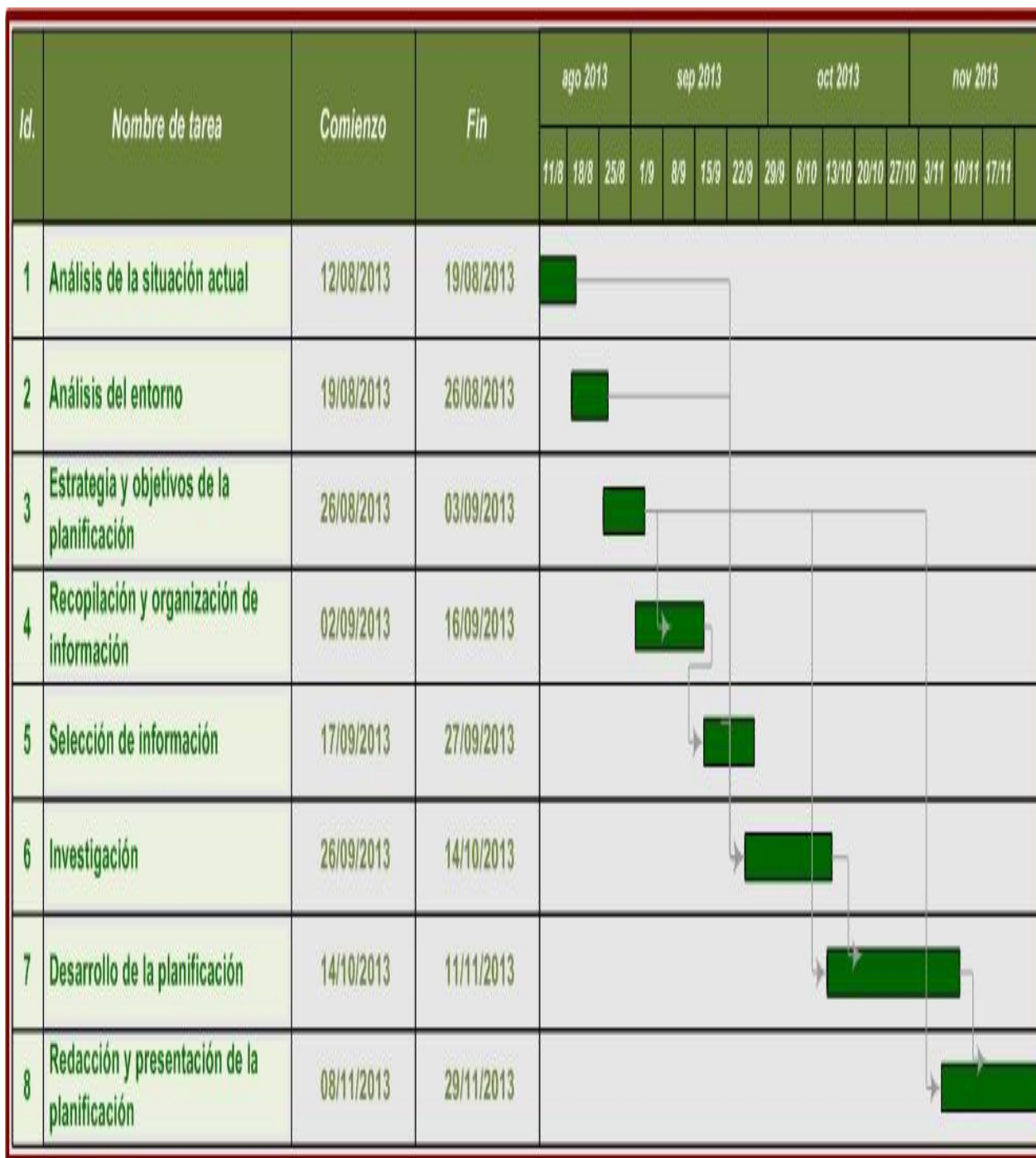
Recursos Humanos	Tiempo	Salario (día)	Coste
Jefe de Proyecto	10%	600 €	4.800 €
Analista Senior	60%	350 €	16.800 €
Analista Junior	60%	250 €	12.000 €
Número Informes	Precio	Coste	
3	3.000 €	9.000 €	
Material	29.280 €		
TOTAL	71.880 €		

El coste total de la planificación sería de SETENTA Y UN MIL OCHOCIENTOS OCHENTA EUROS. La explotación de las oportunidades que ofrece el mercado energético dará lugar a nuevos empleos, con un impacto social y económico muy favorable.

Diagrama de Gantt

Para realizar un exhaustivo estudio y una planificación detallada de la red eléctrica, dividimos el proceso en hitos que iremos realizando para obtener la información necesaria, tanto del entorno como de las tecnologías a implantar. En el siguiente diagrama de Gantt se presenta la distribución de las distintas etapas y sus relaciones hasta llegar a la planificación final.

Tabla 3. Diagrama de Gantt





Smart Energy

Referencias

0. Motivación

- 0.1. <http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/default.aspx>
- 0.2. <http://www.mupiel.es/elect/medio/efecto.html>

1. Introducción

Red Eléctrica de España:

- 1.1. <http://www.ree.es/home.asp>

CMT:

- 1.2. <http://blogcmt.com/>

Smart City:

- 1.3. <http://smartcity-telefonica.com/>

Smart Energy:

- 1.4. “Smart Energy”, Telefónica

2. Fundamentos del Internet de las Cosas (IOT)

- 2.1. <http://www.egainformatica.es/desarrollo/internet-de-las-cosas>
- 2.2. “El Internet de las cosas. En un mundo conectado de objetos inteligentes”, Fundación de innovación Bankinter
- 2.3. <http://www.piracontrol.com/RFID.htm>
- 2.4. <https://www.alertme.com/how-we-do-it/platform-and-technolog/>

3. Fundamentos de las tecnologías M2M y PLC

M2M:

- 3.1. “Comunicación global de máquina a máquina”, Vodafone Global M2M
- 3.2. <http://www.vodafone.es/empresas/es/soluciones-para-empresas/que-te-ofrece-vodafone/maquina-a-maquina-m2m/>
- 3.3. <http://www.ericsson.com/news/1680699?tagsFilter=m2m>
- 3.4. https://m2m.vodafone.com/insight_news/2012-03-05-bmw-chooses-vodafone-as-its-m2m-platform-supplier.jsp
- 3.5. “Machine-to-Machine (M2M) Communications Service Provider. Benchmarking 2013”, Matt Hatton, Director

PLC:

- 3.6. <http://www.hd-plc.org/modules/standards/committee.html>
- 3.7. http://en.wikipedia.org/wiki/Power_line_communication
- 3.8. <http://www.aedie.org/9CHLIE-paper-send/359-GARCIA.pdf>
- 3.9. <http://www.xatakaon.com/equipos-de-red/plc-o-como-navegar-por-internet-a-traves-de-los-enchufes-i-que-es-y-en-que-consiste>
- 3.10. <http://www.netgear.es/news/prensa/2010/20100915.aspx>
- 3.11. <http://www.echelon.com/technology/power-line/>



Smart Energy

- 3.12. <http://www.sece.com/infosece/es/?id=89&tit=smartlighting--una-realidad>

4. El sector energético y la distribución

Transporte y distribución de electricidad:

- 4.1. <http://es.atos.net/es-es/sectores/utilities/transporte-y-distribucion-de-electricidad/default.htm>

Smart Grids:

- 4.2. http://ec.europa.eu/energy/gas_electricity/smartgrids/smartgrids_en.htm
- 4.3. “El futuro de la distribución eléctrica: Las Redes Inteligentes”, J. Fernández
- 4.4. COM(2011) 202 FINAL: Smart Grids: from innovation to deployment. Definition, expected services, functionalities and benefits of smart grids.
- 4.5. <http://es.scribd.com/doc/47091584/Informe-Smart-Grid>
- 4.6. www.smartgrids.eu
- 4.7. <http://www.redestelecom.es/gestion/noticias/1062915001403/schneider-electric-construye-madrid.1.html>

Cogeneración:

- 4.8. <http://www.aesa.net/site/SolucionesEnergeticas/Cogeneracion/tabid/64/language/es-ES/Default.aspx>

Energías renovables:

- 4.9. <http://www.energias.bienescomunes.org/2012/10/17/que-es-la-microgeneracion-de-energias-renovables/>
- 4.10. Renewables 2011. Global Status Report
- 4.11. <http://sunpartnergroup.com/>
- 4.12. <http://www.peerplus.nl/default/index/smart-energy-glass/language/2>
- 4.13. <http://www.muyinteresante.es/innovacion/medio-ambiente/ver/articulos>
- 4.14. <http://senergy.rs/proizvodi/strawberry-drvo/?lang=en>
- 4.15. <http://www.solarcentury.co.uk/>
- 4.16. <http://www.sdeurope.org/>

Coche eléctrico:

- 4.17. www.fgcsic.es/lychnos/es_es/articulos/evaluacion_impacto_integracion_coche_electrico

Redes Sociales:

- 4.18. <http://www.ogov.eu/como-reducir-el-consumo-de-energia-a-traves-del-movil-y-las-redes-sociales/>



Smart Energy

- 4.19. <http://www.expansion.com/agencia/efe/2012/02/17/16977848.html>
- 4.20. <http://mashable.com/2011/02/08/smart-grid-social-media/>
- 4.21. <http://welectricity.com/home>
- 4.22. <http://www.opower.com/>

Futuro sostenible:

- 4.23. <http://www.fmetropoli.org/es/mision-vision-y-orientacion-estrategica>

5. Aplicación del Internet de las cosas (M2M) al sector de la distribución energética

- 5.1. “Future Internet Smart Utility Services”, Proyecto Finesce
- 5.2. <http://stopsmartmeters.org/why-stop-smart-meters/>
- 5.3. <http://www.gigahertz.es/files/Contadores-Inteligentes--Irradian-o-espian.pdf>
- 5.4. <http://www.sabadellsmartcongress.com/qr/ponenciaenergy.pdf>

6. Analizar el Sector de la distribución eléctrica en España y su transformación mediante los conceptos de Smart Energy

Situación en España:

- 6.1. <http://www.ametic.es/download/documents/Informe-Situacion-y-Retos-Green-TIC-en-Espana.pdf>
- 6.2. “Análisis del consumo energético del sector residencial en España”. IDAE, 2011

Smart Metering:

- 6.3. http://www.prime-alliance.org/?page_id=748
- 6.4. http://www.cne.es/cne/doc/publicaciones/smart_metering/1115_2_E_ON.pdf
- 6.5. http://www.cne.es/cne/doc/publicaciones/smart_metering/1115_1_EN_DESA.pdf

Objetivos:

- 6.5. http://ec.europa.eu/energy/efficiency/index_en.htm
- 6.6. <http://movele.es/>
- 6.7. <http://www.rtve.es/noticias/20100302/gobierno-apuesta-eolica-como-fuente-energia-principal-para-2020/321536.shtml>
- 6.8. <https://www.endesavehiculoelectrico.com/>
- 6.9. http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/l28060_es.htm